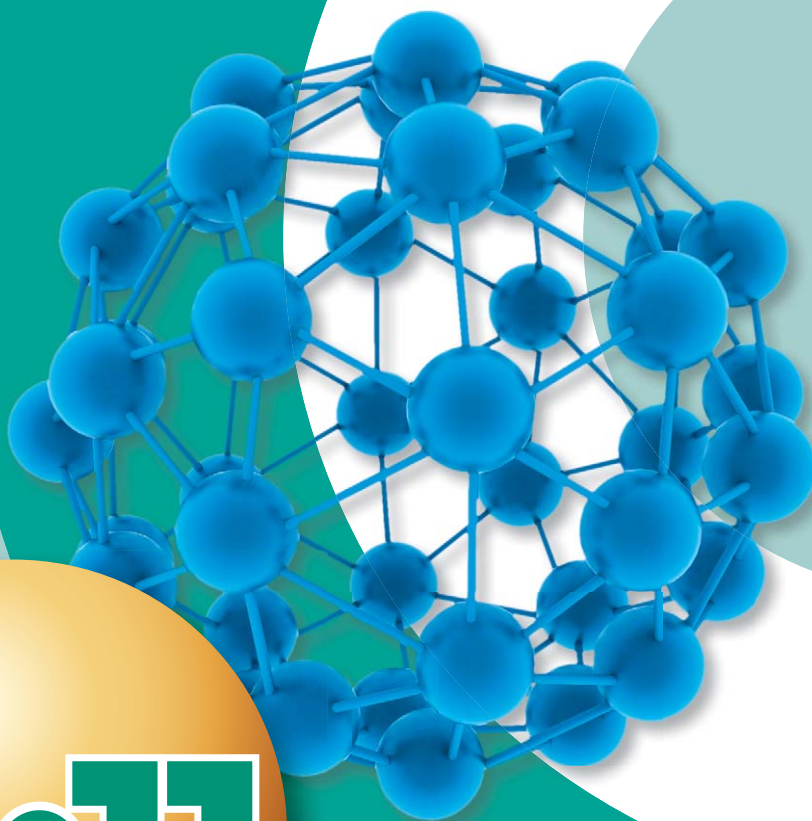




А. А. Журин

ХИМИЯ

ХИМИЯ



10.11

БАЗОВЫЙ
УРОВЕНЬ



А. А. Журин

ХИМИЯ

10·11 **классы**

Базовый уровень

Учебник

Допущено
Министерством просвещения
Российской Федерации

3-е издание, стереотипное

Москва
«Просвещение»
2022

УДК 373:54+54(075.3)
ББК 24я721
Ж91

Серия «Сферы» основана в 2003 году

Линия учебно-методических комплексов «Сферы» по химии

На учебник получены **положительные** заключения
научной (заключение РАО № 1181 от 28.11.2016 г.),
педагогической (заключение РАО № 1072 от 21.11.2016 г.)
и **общественной** (заключение РКС № 448-ОЭ от 22.12.2016 г.) экспертиз.

Издание выходит в pdf-формате.

Журин, Алексей Анатольевич.
Ж91 Химия : 10–11-е классы : базовый уровень : учебник : издание в pdf-формате / А. А. Журин. — 3-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2022. — 175, [1] с. : ил. — (Сферы).

ISBN 978-5-09-101654-3 (электр. изд.). — Текст : электронный.

ISBN 978-5-09-097512-4 (печ. изд.).

Данный учебник завершает линию учебно-методических комплексов «Сферы» по химии. Издание подготовлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования и освещает вопросы базового курса химии для средней школы. Материал учебника рассчитан на 1 час в неделю, всего 68 часов за два года обучения, и направлен на завершение формирования у школьников бытовой химической грамотности. Фиксированный в тематических разворотах формат, лаконичность и жёсткая структурированность текста, разнообразный иллюстративный ряд дают возможность для формирования необходимых умений и компетенций.

УДК 373:54+54(075.3)
ББК 24я721

ISBN 978-5-09-101654-3 (электр. изд.)
ISBN 978-5-09-097512-4 (печ. изд.)

© АО «Издательство «Просвещение», 2019
© Художественное оформление.
АО «Издательство «Просвещение», 2019
Все права защищены

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Работаем с учебником	6

Основы органической химии

Глава I. ВВЕДЕНИЕ В ОРГАНИЧЕСКУЮ ХИМИЮ

1. Предмет органической химии	8
2. Электронное строение атомов углерода и водорода	10
3. Химическое строение органических веществ	12
Подведём итоги	14

Глава II. УГЛЕВОДОРОДЫ

4. Алканы	16
● Циклоалканы	18
5. Алкены	20
6. Алкадиены	22
7. Алкины	24
8. Арены	26
● Получение нециклических углеводородов	28
Подведём итоги	30

Глава III. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

9. Предельные одноатомные спирты	32
10. Многоатомные спирты	34
11. Фенолы	36
12. Альдегиды и кетоны	38
13. Карбоновые кислоты	42
14. Сложные эфиры и жиры	44
15. Глюкоза и сахароза	48
16. Крахмал и целлюлоза	50
● Применение гидроксильных производных углеводородов	52
Подведём итоги	54

Глава IV. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

17. Амины	56
18. Аминокислоты	58
19. Полипептиды и белки	62
● Нуклеиновые кислоты	64
Подведём итоги	68

ОБОБЩЕНИЕ ЗНАНИЙ ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

20. Теория А.М. Бутлерова	70
Подведём итоги	72

Знаком ● отмечены дополнительные материалы.

Теоретические основы химии

Глава V. ВЕЩЕСТВО

21. Строение атома. Периодический закон	74
22. Электронная природа химической связи	78
23. Причины многообразия веществ	82
● <i>Комплексные соединения</i>	86
● <i>Многообразие веществ</i>	88
Подведём итоги	90

Глава VI. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

24. Многообразие химических реакций	92
25. Управление химическими процессами	94
26. Водородный показатель	96
27. Гидролиз неорганических солей	98
28. Гидролиз органических соединений	100
29. Окислительно-восстановительные реакции ...	102
30. Коррозия металлов	106
31. Электролиз расплавов и растворов	108
● <i>Расстановка коэффициентов в уравнениях ОВР</i>	110
● <i>Дисперсные системы</i>	112
● <i>Истинные растворы</i>	114
● <i>Коллоидные растворы</i>	116
● <i>Реакции в растворах электролитов</i>	118
Подведём итоги	120

Глава VII. ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

32. Эмпирические методы химической науки ...	122
33. Теоретические методы познания в химии ...	124
34. Источники химической информации	126
35. Химия и здоровье	128
36. Химия в повседневной жизни	132
37. Химия и сельское хозяйство	136
38. Химия и энергетика	140
39. Химия в строительстве	142
40. Химия и экология	144
● <i>Металлургия</i>	148
● <i>Производство серной кислоты</i>	152
● <i>Связанный азот</i>	154
● <i>Полупроводники</i>	156
● <i>Волокна</i>	158
● <i>Пластмассы</i>	162
Подведём итоги	166

ПРИЛОЖЕНИЯ	167
------------------	-----

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемые старшеклассники!

Вы продолжаете знакомиться с основами одной из удивительнейших наук. Вам предстоит значительно расширить и углубить уже имеющиеся представления о веществах и их превращениях, об областях их применения и об опасностях, которые могут вас подстеречь при неправильном обращении с веществами.

С помощью учителя вы сможете освоить содержание этого учебника за 68 уроков, которые в зависимости от расписания могут быть распределены на два года (по одному уроку в неделю в 10 и 11 классах) или на один год (по два урока в неделю в 10 классе). Именно поэтому главы и параграфы учебника не разделены на части «10 класс» и «11 класс».

Первая половина учебника посвящена органической химии, о которой почти два столетия назад так отзывался известный химик Фридрих Вёлер: «Органическая химия может кого угодно свести с ума. Она представляется мне дремучим лесом, полным удивительных вещей, безграничной чащей, из которой нельзя выбраться, куда не осмеливаешься проникнуть». Так оно и было до тех пор, пока в 1861 г. профессор Казанского университета А.М. Бутлеров не сформулировал основы теории, которая сделала изучение органической химии простым и доступным делом. С важнейшими положениями этой теории вы будете знакомиться постепенно, по мере того, как в них будет возникать необходимость.

Во второй половине учебника вы познакомитесь с основами общей химии. Что составляет предмет этой науки?

На рубеже XVIII — XIX веков из некогда единой химии стали выделяться частные науки. Это было вызвано лавинообразным ростом информации, которую один человек уже был не в состоянии запомнить. В результате каждый учёный специализировался по наиболее интересному для него разделу химии.

В XX веке специализация учёных стала ещё более узкой, и сегодня ни один уважающий себя учёный не станет вторгаться в незнакомую ему область, с тем чтобы поучать специалистов. Но хотя современная химия и распалась на целый ряд частных наук, существуют такие понятия, теории и законы, которые применимы к любой из них. Это общее для всех «химий» и составляет собой предмет изучения общей химии.

Помните, что успеха вы добьётесь только в том случае, если:

- а) не будете верить в миф о непостижимости химии;
- б) не будете оставлять на завтра выполнение задания, которое можете сделать сегодня;
- в) каждое задание будете выполнять совершенно самостоятельно, обращаясь в случае затруднений к учителю.

РАБОТАЕМ С УЧЕБНИКОМ

Изучая химию в 8 и 9 классах, вы уже привыкли к условным обозначениям в учебниках серии «Сферы».

1) перед каждой главой учебника имеется рубрика «Коротко о главном», отражающая суть основного содержания главы;

2) каждый из параграфов начинается вводными рубриками «Вы узнаете», «Вспомните» и вводным текстом, отражающим его главную идею;

3) рубрика «В фокусе» обратит ваше внимание на важные положения;

4) краткие описания лабораторных опытов вы найдёте в рубрике «Мои химические исследования»;

5) «Химический блокнот» содержит дополнительную информацию об изучаемых явлениях и веществах;

6) примеры того, как знания, полученные на уроках химии, можно применить в повседневной жизни, приведены в рубрике «Химия и жизнь».

Здесь представляется уместным привести слова члена-корреспондента Российской академии наук Эдуарда Евгеньевича Нифантьева, у которого учились некоторые из авторов учебно-методического комплекса «Химия» серии «Сферы». Он говорил нам, тогда ещё студентам: «Химия прекрасна, но химия опасна». От себя добавим: опасна только для тех, кто не знает её законов.

Пожалуйста, обратите особое внимание на то, что учебник, который вы держите в руках, — это учебник базового уровня. Для качественной подготовки к Единому государственному экзамену по химии необходимо использовать дополнительные компоненты учебно-методического комплекса. Найти дополнительную информацию в виде различных медиаобъектов: рисунков, анимаций, хрестоматий, 3D-моделей и т.д., ещё раз проделать в интерактивном режиме опыты, которые вы видели на уроках, вам поможет электронное приложение.

Учебник дополняют также задачник, тетрадь-практикум, тетрадь-экзаменатор, составляющие единый учебный комплекс, который поможет вам качественно усвоить материал.

Итак, переворачиваем страницу, чтобы убедиться в справедливости народной мудрости, которая гласит: «Глаза боятся, а руки делают»...



В ФОКУСЕ



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



Химический блокнот



ХИМИЯ И ЖИЗНЬ



Глава I

ВВЕДЕНИЕ В ОРГАНИЧЕСКУЮ ХИМИЮ

- ПРЕДМЕТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
- ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ АТОМОВ УГЛЕРОДА И ВОДОРОДА
- ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

«Встречаясь с бесконечным разнообразием природы, человеческий ум, первоначально, быть может, даже бессознательно, стремится прежде всего объединить сходные предметы или явления, облегчая себе таким образом их дальнейшее понимание. Поэтому первым этапом развития молодой науки является всегда накопление фактов и систематизация опытного материала».

Русский химик-органик В.М. Потапов

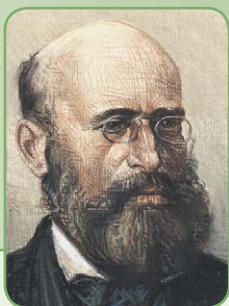
ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что изучает органическая химия.
- С помощью каких реакций можно установить качественный состав органического вещества.

ВСПОМНИТЕ:

- С какими органическими веществами вы познакомились при изучении химии в 9 классе?

Французский химик А.-Л. Лавуазье указывал, что в состав растительных веществ входят атомы углерода, водорода и кислорода, в то время как состав животных веществ дополняется азотом, фосфором и серой.



Бутлеров
Александр Михайлович
1828–1886

Русский химик, видный общественный деятель, основатель отечественной научной школы химиков, создатель теории химического строения органических веществ (1861), лежащей в основе современной химии. Предсказал и объяснил изомерию многих органических соединений (1864).

ПРЕДМЕТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Приступая к изучению нового большого раздела химии, необходимо прежде всего определить предмет изучения.

ЧТО ИЗУЧАЕТ ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ Люди давно научились выделять разнообразные вещества из растительных и животных организмов. Их изучение привело химиков к справедливому выводу, что вещества живой природы значительно отличаются по своим свойствам от минеральных веществ, т.е. веществ неживой природы. К началу XIX в. термины «растительные вещества» и «животные вещества» были объединены, и в обиход химиков вошёл термин «органические вещества».

Изучение состава органических веществ показало, что в молекулах любого органического соединения есть атомы углерода и водорода. Поэтому немецкий химик К. Шорлеммер определил органическую химию как химию углеводов и их производных.



Предмет органической химии — изучение состава, строения, свойств, получения и практического применения углеводов и их производных.

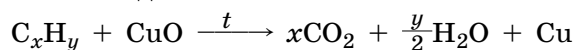
ПРИЧИНЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ОТРАСЛЬ НАУКИ Органическая химия становится самостоятельной наукой в XIX в., когда было обнаружено, что органических веществ гораздо больше, чем минеральных.

Со времён алхимиков каждое новое вещество подвергалось испытанию огнём. Было установлено, что органические вещества не выдерживают высоких температур, обугливаются и легко загораются. Выяснилось, что существуют и другие существенные различия свойств и реакционной способности органических и неорганических соединений.

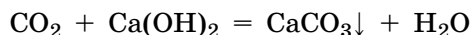
Другим фактором, обусловившим выделение органической химии в самостоятельную область науки, стала специфическая роль органических соединений в процессах жизнедеятельности живых организмов.

И наконец, долгое время не удавалось в лабораторных условиях синтезировать органические вещества из неорганических. Громадную роль в развитии органической химии сыграла теория химического строения органических веществ, разработанная русским химиком А.М. Бутлеровым на основе обобщения большого числа экспериментальных и теоретических исследований других химиков. Открытия в области органической химии стали основой развития промышленности основного органического синтеза, вырабатывающей сотни и тысячи тонн ценнейших веществ.

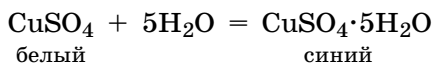
ОБНАРУЖЕНИЕ АТОМОВ УГЛЕРОДА И ВОДОРОДА Для обнаружения атомов двух основных химических элементов, образующих молекулы органических веществ, используют оксид меди(II). При нагревании какого-либо углеводорода, формулу которого условно запишем как C_xH_y , с оксидом меди(II) образуются углекислый газ и вода:



Углекислый газ легко обнаружить с помощью раствора гидроксида кальция:

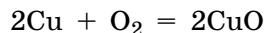


Для обнаружения паров воды в продуктах окисления углеводорода используют безводный сульфат меди(II) — порошок грязно-белого цвета. Он жадно поглощает водяные пары, превращаясь в кристаллогидрат синего цвета:

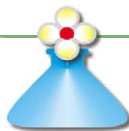


ОБНАРУЖЕНИЕ АТОМОВ КИСЛОРОДА Чтобы обнаружить атомы кислорода в молекулах органических веществ, используют кристаллический иод. Если кристаллик иода растворяется в жидком органическом веществе с образованием фиолетового раствора, в молекулах этого органического вещества атомов кислорода нет. Если же полученный раствор имеет коричневую окраску, мы имеем дело с кислородсодержащим органическим веществом.

ОБНАРУЖЕНИЕ АТОМОВ ХЛОРА Многие органические вещества содержат атомы хлора, наличие которых легко определить с помощью оксида меди(II), его получают непосредственно в ходе анализа органического соединения. Медную проволоку, свёрнутую в спираль, прокаливают на огне до прекращения окрашивания пламени:



Охлаждённую медную проволоку, покрытую оксидом меди(II), помещают в исследуемое вещество и вновь вносят в пламя. Если пламя становится зелёным, в состав молекул органического вещества входят атомы хлора.

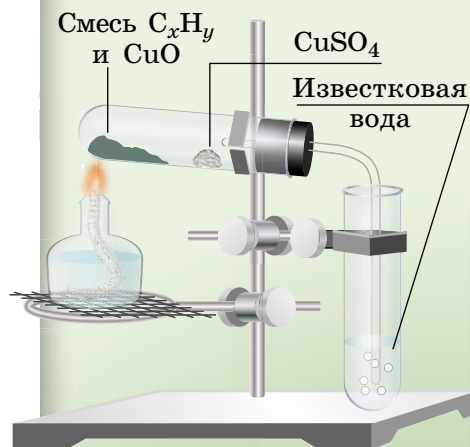


Хорошо знакомая вам «йодная настойка» имеет коричневую окраску, поскольку в качестве растворителя иода используется медицинский спирт — органическое вещество, в состав молекул которого входят атомы кислорода.



Впервые для обнаружения атомов углерода и водорода в органических веществах оксид меди(II) использовал немецкий химик Юстус Либих в 1831 г.

1.1. Определение углерода и водорода в составе органического вещества



Обнаружение хлора с помощью прокалённой медной проволоки, свитой в спираль, впервые использовал Ф. К. Бейльштейн в 1872 г.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Определите предмет изучения органической химии.
- С помощью каких реакций можно установить качественный состав органического вещества?

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Почему атом углерода во всех органических соединениях всегда четырёхвалентен.
- Что такое гибридизация атомных орбиталей.

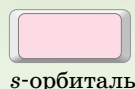
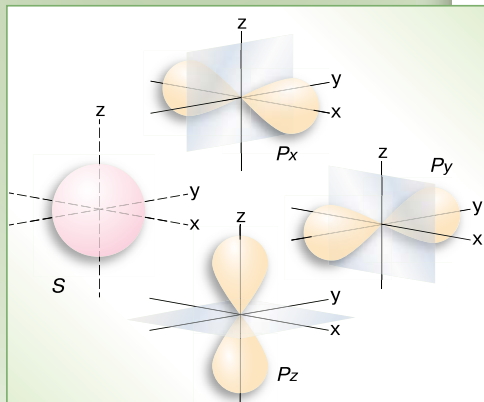
ВСПОМНИТЕ:

- Планетарную модель атома.
- Как с помощью периодической таблицы узнать число электронных слоёв в атоме и число электронов на внешнем слое?
- Что такое валентность?

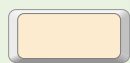


Бор
Нильс Хенрик Давид
1868–1953

Датский физик, исследовал строение атомов и испускаемое ими излучение. Лауреат Нобелевской премии по физике.



s-орбиталь



p-орбиталь

ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ АТОМОВ УГЛЕРОДА И ВОДОРОДА

Планетарная модель атома, предложенная Э. Резерфордом в 1911 г., объясняла строение объекта микромира на основе представлений о непосредственно наблюдаемых объектах макромира: ядро атома — Солнце, электроны — планеты, движущиеся вокруг него. Это вступало в противоречие с реальными свойствами атомов.

ПОВЕДЕНИЕ ЭЛЕКТРОНА В АТОМЕ

Началом современной теории строения атома стало квантово-механическое описание атома, предложенное датским физиком Н. Бором. Его суть заключается в том, что движение объекта микромира описывается с помощью некоей волновой функции, а определение места его нахождения производится по вероятностным принципам. Сложные математические расчёты позволили определить границы пространства, в котором электрон находится большую часть времени ($\approx 90\%$). Квантовая механика вместо орбит электронов ввела понятие пространства, в котором электрон находится большую часть времени.



Область пространства вокруг атомного ядра, в которой вероятность нахождения электрона более 90% , называют **электронной орбиталью**. На одной электронной орбитали не может находиться больше двух электронов.

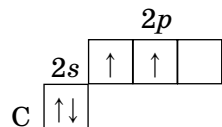
ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ АТОМОВ ВОДОРОДА И УГЛЕРОДА

Рассмотрим с позиций квантовой механики строение атомов водорода и углерода.

В атоме водорода один-единственный электрон находится на первом электронном слое. Исследования показали, что первый электронный слой — это одна s-орбиталь. Поэтому электрон в атоме водорода находится на s-орбитали, и его называют s-электроном. Обозначая электронную орбиталь клеточкой, а электрон — стрелкой, электронное строение атома водорода условно изображают так:



В атоме углерода шесть электронов, которые распределены по двум электронным слоям: на первом электронном слое находятся два электрона, занимающие s-орбиталь, оставшиеся четыре электрона располагаются на втором электронном слое. Второй электронный слой имеет более сложное строение, чем первый. Здесь различают одну s-орбиталь и три p-орбитали. Установлено, что четыре электрона внешнего электронного слоя атома углерода распределены по орбиталям следующим образом:



1.2. Формы и ориентации электронных s- и p-орбиталей

Такое представление о строении атома водорода объясняет, почему водород всегда одновалентен. Но почему валентность атома углерода равна четырём, если в его атоме только два неспаренных электрона?

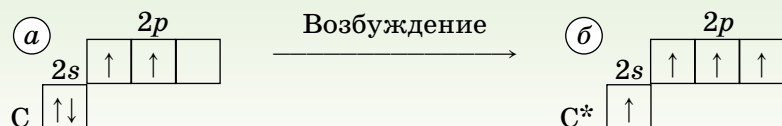
ОСНОВНОЕ И ВОЗБУЖДЁННОЕ СОСТОЯНИЯ АТОМА У нейтрального атома углерода на внешнем электронном слое находятся два спаренных и два неспаренных электрона.

При таком распределении электронов по орбиталям атом углерода имеет наименьшую энергию.



Состояние, при котором атом имеет наименьший запас энергии, называется **основным** или **невозбуждённым**.

При поглощении энергии извне происходит перераспределение электронов по орбиталям атомов углерода: один из спаренных электронов, находящихся на s -орбиталях, переходит на свободную p -орбиталь:



1.4. Схема состояний атома углерода:
а) основного; б) возбуждённого

Находясь в возбуждённом состоянии, атом углерода может образовать четыре электронные пары, общие с другими атомами, т.е. является четырёхвалентным.



Атомы углерода в органических соединениях всегда **четырёхвалентны**.

ХИМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ В МОЛЕКУЛЕ МЕТАНА Образование атомом углерода химических связей с другими атомами сопровождается не только переходом одного s -электрона на p -орбиталь, но и изменением формы электронных орбиталей.



Перераспределение электронных плотностей близких по энергии орбиталей, приводящее к образованию новых орбиталей одинаковой формы, называется **гибридизацией атомных орбиталей**.

В зависимости от числа орбиталей, вступивших в гибридную, атом углерода может находиться в одном из трёх состояний гибридной: sp^3 , sp^2 , sp .

Метан CH_4 — простейшее органическое соединение. Из одной s - и трёх p -орбиталей получается четыре sp^3 -гибридные орбитали. Именно эти гибридные орбитали и образуют химические связи с атомами водорода.

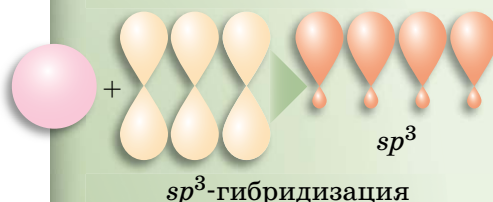


МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

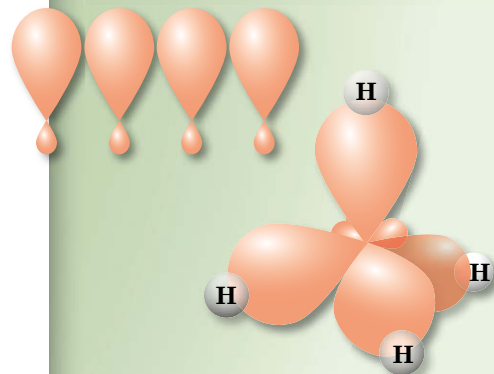
Лабораторный опыт 1. «ПОМОЩНИК»

Пользуясь моделями атомов, составьте модель молекулы метана. Нарисуйте составленную модель в тетради.

1.3. Условная схема гибридной атомных орбиталей



1.5. Метан CH_4



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Почему атом углерода во всех органических соединениях всегда четырёхвалентен?
- Что такое гибридная атомных орбиталей?
- По указанию учителя выполните задания в тетради-тренажёре.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какие вещества называют изомерами.
- Какие вещества называют гомологами.
- Какими физическими свойствами обладают алканы.

ВСПОМНИТЕ:

- Названия и физические свойства органических веществ, с которыми вы познакомились в 9 классе.

Термин «химическое строение» впервые ввёл А.М. Бутлеров 19 сентября 1861 г. в докладе «О химическом строении веществ» на химической секции Съезда немецких естествоиспытателей и врачей в Шпейере. Этот термин встречался в литературе и до Бутлерова, но он переосмыслил его и применил для определения нового понятия о порядке межатомных связей в молекулах. А.М. Бутлеров первый установил, что каждая молекула имеет определенное химическое строение, что строение определяет свойства вещества и что, изучая химические превращения вещества, можно установить его строение.

Метан, пропан и бутан широко используются в быту. Эти газы не имеют цвета и запаха, в смеси с воздухом очень взрывоопасны: достаточно небольшой искры, чтобы произошёл сильный взрыв.

ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

В 1822 г. немецкий химик Ф. Вёлер получил циановую кислоту и установил, что она имеет такой же качественный и количественный состав, что и известная к тому времени гремучая кислота. Годом позже он совместно с Ю. Либихом обнаружил, что и органические вещества, имеющие разные свойства, обладают одинаковым качественным и количественным составом. Шведский химик Й.Я. Берцелиус в 1831 г. дал этому явлению название **изомерия**.

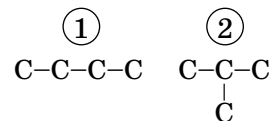
ИЗОМЕРИЯ

В молекуле метана четыре одновалентных атома водорода могут соединиться с одним четырёхвалентным атомом углерода только одним способом. Совершенно однозначен порядок соединения атомов углерода в молекулах этана C_2H_6 и пропана C_3H_8 :



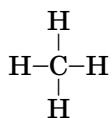
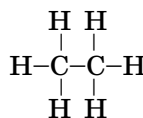
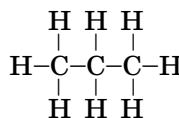
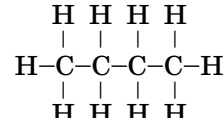
Последовательность соединения атомов в молекуле называют **химическим строением**.

В молекуле вещества состава C_4H_{10} атомы углерода могут быть соединены друг с другом двумя способами:



Вещества, имеющие одинаковый качественный и количественный состав, но отличающиеся друг от друга последовательностью соединения атомов в молекуле, называют **изомерами**. Явление существования изомеров — **изомерия**.

ГОМОЛОГИЯ Сравним строение молекул углеводородов, с которыми вы познакомились в 9 классе:

МЕТАНЭТАНПРОПАНБУТАН

Обратим внимание на три важных момента:

1) все эти вещества имеют одинаковый качественный состав;

2) по количественному составу они различаются числом групп атомов $-CH_2-$, которые называют **метиленовыми группами**. Качественный и количественный состав всех этих веществ можно выразить общей формулой $(CH_2)_nH_2$, или, что то же самое, C_nH_{2n+2} ;

3) каждый из атомов углерода соединён не более чем с двумя другими атомами углерода, т.е. углеродные атомы выстроены в одну линию, в результате чего молекулы этих веществ имеют сходное строение.



Вещества, имеющие сходное строение, одинаковый качественный состав, но отличающиеся друг от друга числом метиленовых групп, называют **гомологами**. Явление существования гомологов — **гомология**.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОМОЛОГОВ Агрегатные состояния неразветвлённых алканов закономерно изменяются с увеличением числа атомов углерода в молекуле:

Название	Формула	Температура (°C)		Агрегатное состояние при н.у.
		$t_{\text{плав.}}$	$t_{\text{кип.}}$	
Метан	CH_4	-182,6	-161,6	газ
Этан	C_2H_6	-172,8	-88,6	газ
Пропан	C_3H_8	-187,6	-42,1	газ
Бутан	C_4H_{10}	-138,3	-0,5	газ
Пентан	C_5H_{12}	-129,8	+36,1	жидкость
Гексан	C_6H_{14}	-95,3	+68,8	жидкость
...	...	...	...	...
Гексадекан	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	+18,1	+287,1	твёрдое в-во
Гептаконтан	$\text{C}_{70}\text{H}_{142}$	+105,2	—	твёрдое в-во

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗОМЕРОВ Различное химическое строение изомеров оказывает влияние на их физические свойства, например на температуру кипения. Сравните:

Вещество	Структурная формула	$t_{\text{кип.}} (^\circ\text{C})$
Пентан	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$	+36,1
2-метилбутан	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	+30,0
2,2-диметилпропан	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—C—CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	+9,5

Атомы углерода в молекулах алканов, начиная с пропана, расположены не по прямой линии, как мы пишем в структурных формулах, а зигзагообразно. В этом легко убедиться, если составить шаростержневые модели некоторых алканов, помня о том, что атом углерода в предельных углеводородах находится в состоянии sp^3 -гибридизации.

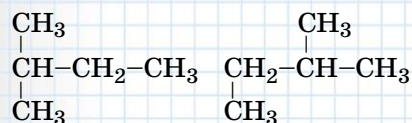


МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Составление шаростержневых моделей алканов.

«ПОМОЩНИК»

Пользуясь набором моделей атомов, соберите модели веществ со следующими структурными формулами:



Опытным путём определите, являются ли эти вещества изомерами.

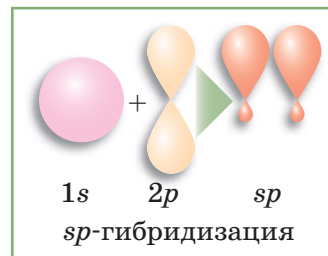
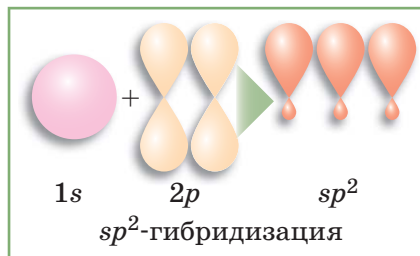
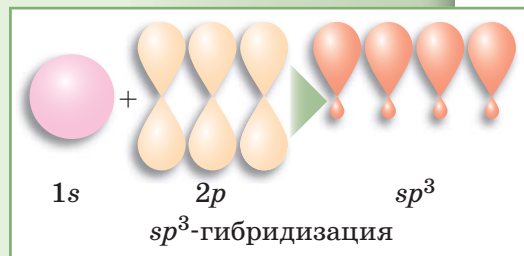
Газообразные и жидкие алканы — неокрашенные вещества, твёрдые алканы имеют белую окраску. Все они практически не растворяются в воде.

ВОПРОСЫ:

- Какие вещества называют изомерами?
- Как химическое строение веществ влияет на их физические свойства?

ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

1.6. Схема гибридизации атомных орбиталей



- Предметом органической химии является изучение состава, строения, свойств, получения и практического применения углеводородов и их производных.
- Электронная орбиталь — область пространства вокруг атомного ядра, в которой вероятность нахождения электрона более 90 %.
- Перераспределение электронных плотностей близких по энергии орбиталей, приводящее к образованию новых орбиталей одинаковой формы и энергии, называется **гибридизацией атомных орбиталей**.

- **Изомеры** — вещества с одинаковым качественным и количественным составом, но разным химическим строением. Явление существования изомеров называется **изомерией**.
- **Гомологи** — вещества со сходным химическим строением, отличающиеся друг от друга числом метиленовых групп ($-\text{CH}_2-$). Явление существования гомологов называется **гомологией**.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Немецкий химик Юстус Либих в своих знаменитых «Письмах о химии» писал: «Все вещества, участвующие в жизненном процессе, состоят из низших групп простых атомов, которые действием жизненной силы соединяются в атомы высших рядов. Вид и свойства простейших групп атомов зависят от химической силы и влияния теплоты, а вид и свойства высших организованных атомов зависят от жизненной силы» (письмо шестнадцатое).
 - Что Ю. Либих называл простыми атомами и простейшими группами атомов?
 - Согласны ли вы с мнением авторитетнейшего химика XIX в.? Почему?
- Самостоятельно найдите в Интернете информацию о теориях строения органических веществ, распространённых в первой половине XIX в., и причинах отказа от них.



Глава II

УГЛЕВОДОРОДЫ

- АЛКАНЫ
- ЦИКЛОАЛКАНЫ
- АЛКЕНЫ
- АЛКАДИЕНЫ
- АЛКИНЫ
- АРЕНЫ
- ПОЛУЧЕНИЕ НЕЦИКЛИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

«Сжигать нефть, всё равно, что топить печку ассигнациями».

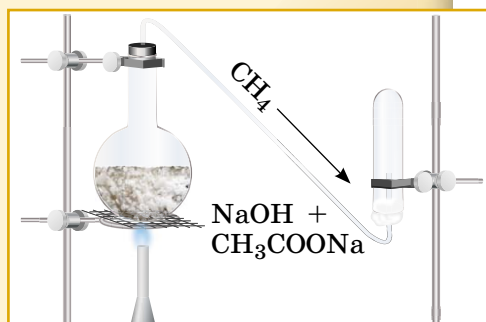
*Выдающийся русский учёный
и общественный деятель,
создатель Периодической системы
химических элементов
Д.И. Менделеев*

ВЫ УЗНАЕТЕ:

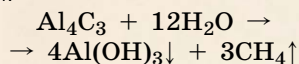
Важнейшие способы получения и химические свойства алканов.

ВСПОМНИТЕ:

Где на территории Российской Федерации находятся месторождения природного газа и нефти?

2.1. Получение метана методом Дюма

Метан можно получить в результате реакции карбида алюминия и воды:



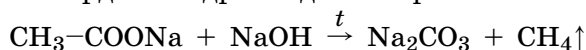
По мере увеличения числа атомов углерода в молекулах алканов в продуктах их горения на воздухе возрастает доля углерода — побочного продукта неполного сгорания. Поэтому высшие алканы горят на воздухе коптящим пламенем.

АЛКАНЫ

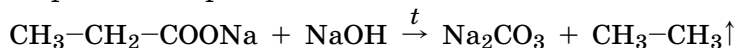
Изучение углеводородов начнём с более простых соединений — родоначальников других классов — **алканов**. Качественный и количественный состав всех этих веществ можно выразить общей формулой $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

ЛАБОРАТОРНЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ АЛКАНОВ Лабораторными способами получения алканов являются *реакция Дюма и синтез Вюрца*.

Французский химик Ж.Б. Дюма предложил получать алканы сплавлением твёрдых солей карбоновых кислот с твёрдым гидроксидом натрия:

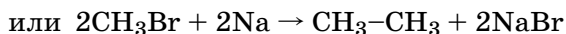
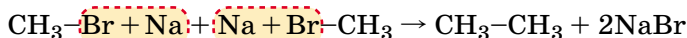


В результате реакции образуется алкан, в молекуле которого число атомов углерода на один меньше, чем в исходной соли. «Потерянный» атом углерода образует карбонат натрия:



Этим способом можно получать алканы как с нечётным числом атомов углерода, так и с чётным.

Исходными веществами для получения алканов в лаборатории могут служить галогеналканы, т.е. алканы, в молекулах которых атом водорода замещён атомом галогена:



Первым этот способ получения алканов применил французский химик Ш.А. Вюрц, в честь которого данная реакция получила название *синтеза Вюрца*.

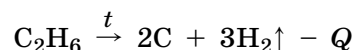
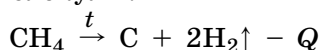


Синтез Вюрца используется для получения симметричных алканов.

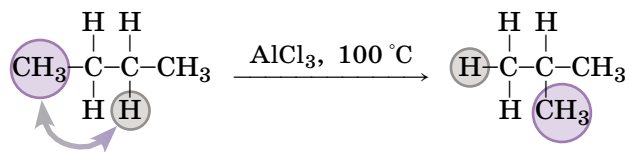
ГОРЕНИЕ АЛКАНОВ Алканы, как и другие углеводороды, горят на воздухе или в кислороде с образованием углекислого газа и воды, при этом происходит выделение большого количества теплоты:



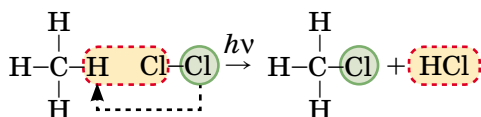
ПИРОЛИЗ При нагревании алканов до температуры выше 1000°C без доступа воздуха происходит отщепление атомов водорода вплоть до полного разрушения молекулы:



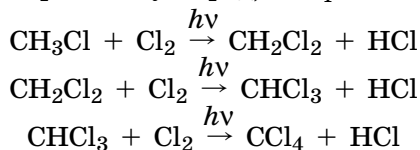
ИЗОМЕРИЗАЦИЯ Неразветвлённые алканы с числом атомов углерода от четырёх и больше при нагревании до 100 °С в присутствии безводного хлорида алюминия превращаются в разветвлённые изомеры:



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ХЛОРОМ Наиболее характерными реакциями алканов являются реакции замещения. Познакомимся с упрощённой схемой взаимодействия алканов с хлором. При взаимодействии метана с хлором на свету происходит последовательное замещение атомов водорода в молекуле органического вещества атомами хлора:



При достаточном количестве хлора происходит замещение всех атомов водорода в молекуле метана и последовательно образуются дихлорметан (хлористый метилен) CH_2Cl_2 , трихлорметан (хлороформ) CHCl_3 и тетрахлорметан (четырёххлористый углерод) CCl_4 .

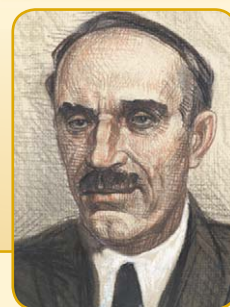


При хлорировании алканов образуется смесь различных продуктов.

Аналогично с хлором взаимодействует этан, пропан и другие предельные углеводороды. Реакция алканов с хлором начинается или при нагревании, или под воздействием света.



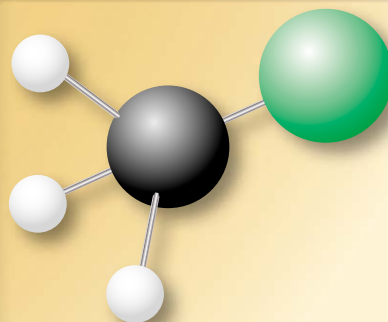
Простейший представитель алканов имеет несколько тривиальных названий — «болотный газ», «рудничный газ». Он составляет основную часть газовых смесей, образующихся на дне болот и в каменноугольных шахтах. Способность метана образовывать взрывоопасные смеси с воздухом не раз приводила к крупным авариям с человеческими жертвами. Чтобы обеспечить безопасность работ в шахтах, используют специальные устройства — анализаторы, сигнализирующие о появлении метана.



Семёнов
Николай Николаевич
1896–1986

Русский физик и химик, академик, один из основоположников химической физики. За разработку теории цепных реакций совместно с английским учёным С. Хиншелем получил Нобелевскую премию по химии (1956).

Фтор полностью разрушает алканы с образованием тетрафторметана CF_4 и фтороводорода. Бром взаимодействует с алканами только при нагревании. С иодом алканы не взаимодействуют.



2.2. Модель
молекулы хлорметана

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Чем различаются реакции замещения в неорганической и органической химии?
- Приведите собственные примеры уравнений химических реакций, характеризующие свойства алканов.

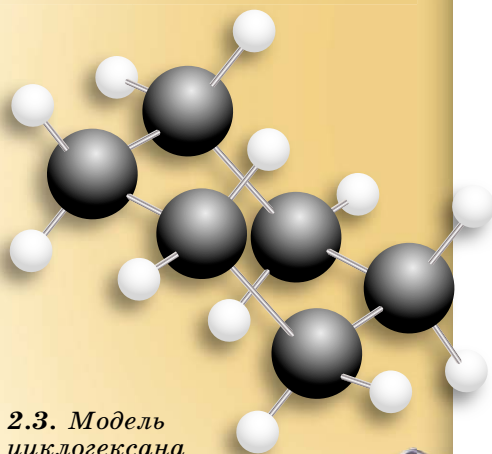
ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что атомы углерода могут образовывать замкнутые цепи, т.е. циклы.
- Как записывают химические формулы и составляют названия циклоалканов.
- Химические свойства циклоалканов.

ВСПОМНИТЕ:

- Как называются химические реакции, при которых из нескольких веществ образуется одно новое вещество?
- Какие свойства характерны для алканов?

Впервые пяти- и шестичленные циклоалканы были открыты в нефти профессором Московского университета В.В. Марковниковым, отсюда ещё одно их название — **нафтенy**.

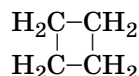


Изомерия циклоалканов связана с наличием боковых углеводородных цепей, так, формуле C_6H_{12} соответствует несколько веществ.

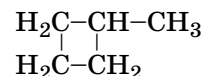
ЦИКЛОАЛКАНЫ

Соединяясь друг с другом, атомы углерода могут образовывать замкнутые структуры — циклы. Углеводороды, молекулы которых содержат замкнутую в цикл цепочку углеродных атомов образуют класс органических соединений, который называют **циклоалканами**.

НОМЕНКЛАТУРА ЦИКЛОАЛКАНОВ Названия циклоалканов образуются из названий соответствующих углеводородов добавлением приставки «цикло», например:



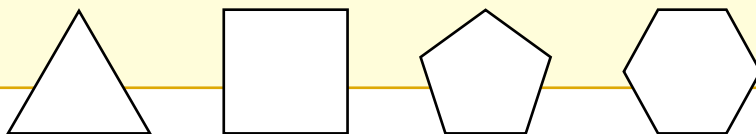
циклобутан



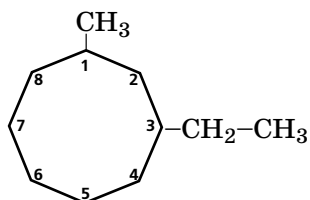
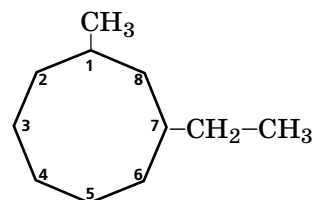
метилциклобутан

Сравнивая качественный состав алканов и циклоалканов, легко заметить, что в молекулах циклоалканов на два атома водорода меньше, чем в алканах с таким же числом атомов углерода. Поэтому общая формула циклоалканов C_nH_{2n} . Циклоалканы по размеру цикла делят на малые ($C_3 - C_4$), средние ($C_5 - C_{12}$) и макроциклы (C_{12} и более).

В формулах циклоалканов химические знаки углерода и водорода, образующие цикл, как правило, не пишут, используют упрощённые графические формулы.

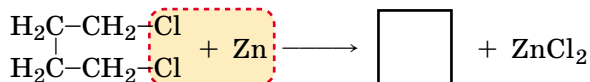


Молекулы циклоалканов часто содержат боковые углеводородные цепи. Рассмотрим, как правильно составить название вещества в этом случае. Атомы углерода, образующие цикл, можно пронумеровать как по часовой, так и против часовой стрелки.

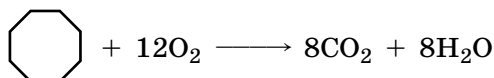
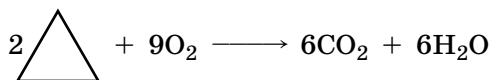
Нумерация по часовой стрелке**1-метил-3-этилциклооктан****Нумерация против часовой стрелки****1-метил-7-этилциклооктан**

В первом случае сумма цифр в названии вещества равна $1 + 3 = 4$, а во втором — $1 + 7 = 8$. Правильным признаётся название, в котором сумма цифр меньше, в данном случае — 1-метил-3-этилциклооктан.

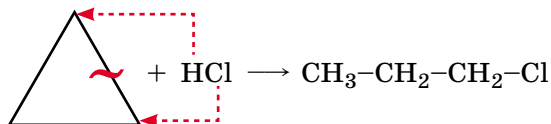
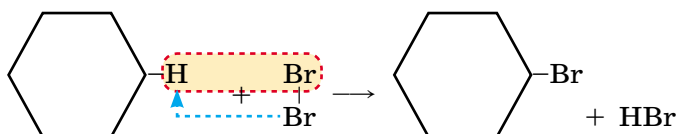
ПОЛУЧЕНИЕ ЦИКЛОАЛКАНОВ Циклоалканы можно получить взаимодействием дигалогенопроизводных алканов с активными металлами (реакция Густавсона):



СВОЙСТВА ЦИКЛОАЛКАНОВ Все циклоалканы — легко воспламеняющиеся вещества. Газообразные циклоалканы образуют с воздухом взрывчатые смеси.



Для циклоалканов со средним и большим числом атомов углерода характерны реакции замещения, в то время как для малых циклов (с тремя и четырьмя атомами углерода) характерны реакции присоединения. Сравните:



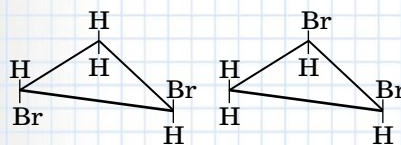
Густавсон Гавриил Гаврилович, русский химик-органик, ученик Д.И. Менделеева и А.М.Бутлерова, в 1887 г. действием цинка на 1,3-дибромпропан получил циклопропан и производные циклопропана.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изомерия циклоалканов.

«ПОМОЩНИК»

Пользуясь набором моделей атомов, соберите шаростержневые модели следующих веществ:



Модели молекул скольких веществ: одного или двух — вы собрали? Аргументируйте своё решение.



На многих современных холодильниках можно увидеть надпись «CFC Free». В них охлаждение создаётся в результате испарения не фреона, например CHF_2Cl , а циклоалканов.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

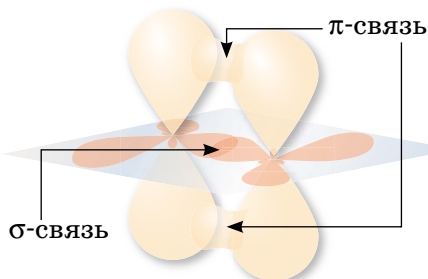
- Как записывают химические формулы и составляют названия циклоалканов? Составьте алгоритм-«шпаргалку».
- Чем отличаются реакции присоединения в органической химии от реакций соединения в неорганической? Как вы думаете, почему эти реакции называются по-разному?
- Приведите свои примеры, характеризующие химические свойства циклоалканов.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

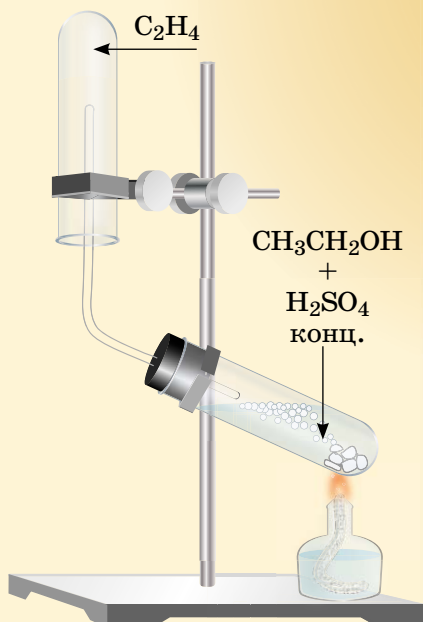
- Как получают алкены.
- Какими свойствами обладают алкены.

ВСПОМНИТЕ:

- Что происходит с алканами при нагревании?
- При каких условиях алканы взаимодействуют с бромом?
- Как называется химическая реакция взаимодействия циклопропана с хлороводородом?



2.4. Получение этилена в лабораторных условиях



АЛКЕНЫ

Непредельные углеводороды с одной двойной связью между атомами углерода — **алкены** — исходные вещества в синтезе многих органических соединений. Качественный и количественный состав всех этих веществ можно выразить общей формулой C_nH_{2n} . Рассмотрим, какими способами их получают и каковы их свойства.

ГИБРИДИЗАЦИЯ АТОМОВ УГЛЕРОДА В МОЛЕКУЛЕ ЭТИЛЕНА

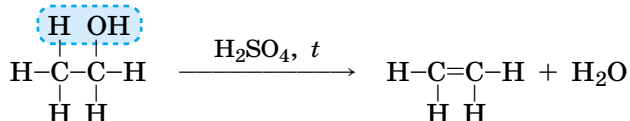
Простейший представитель алкенов — этилен C_2H_4 . Атомы углерода в молекуле этилена находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Образовавшиеся три гибридные sp^2 -орбитали располагаются в пространстве под углом 120° друг к другу.

ОБРАЗОВАНИЕ ДВОЙНОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ АТОМАМИ УГЛЕРОДА

При перекрывании sp^2 -гибридных орбиталей двух атомов углерода образуется ковалентная неполярная связь, которую называют σ -связью. Оставшиеся две негибридные p -орбитали (по одной у каждого атома углерода) располагаются перпендикулярно плоскости, в которой лежат гибридные орбитали. При их перекрывании образуется ковалентная связь, получившая название π -связи.

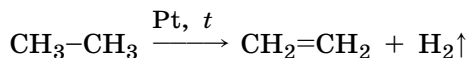
ПОЛУЧЕНИЕ ЭТИЛЕНА В ЛАБОРАТОРИИ

Основным способом получения алкенов в лаборатории служит внутримолекулярная дегидратация спиртов. Так, этилен получают из этилового спирта, нагревая его в присутствии серной кислоты, которая связывает образующуюся воду:



ДЕГИДРИРОВАНИЕ

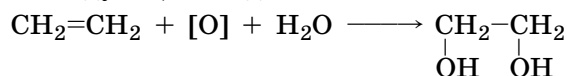
Углеводороды ряда этилена также можно получить дегидрированием предельных углеводородов. В результате реакции от молекулы алкана отщепляется молекула водорода. Реакция протекает в присутствии катализаторов.



РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ

Алкены, как и алканы, — легко воспламеняющиеся вещества, при горении которых образуется углекислый газ и вода. Уравнение реакции горения этена вы можете написать самостоятельно.

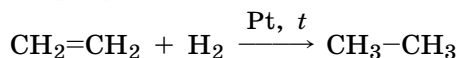
В отличие от алканов алкены легко окисляются слабым водным раствором перманганата калия (реакция Е.Е. Вагнера). Если условно обозначить перманганат калия знаком $[O]$, схему этой реакции можно представить в следующем виде:



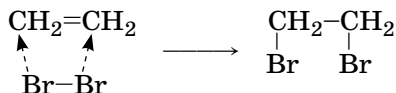


Обесцвечивание раствора перманганата калия свидетельствует о наличии π -связи в молекуле углеводорода. Раствор перманганата калия — реактив на π -связи между атомами углерода.

РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ При нагревании смеси алкена с водородом в присутствии платины происходит разрыв π -связи, и алкен превращается в алкан:

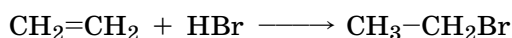


Как вы помните, алканы взаимодействуют с бромом только при нагревании. Появление в молекуле π -связи настолько повышает химическую активность углеводородов, что они практически моментально вступают в реакцию с раствором брома даже при обычных условиях:



Обесцвечивание бромной воды свидетельствует о наличии π -связи в молекуле углеводорода. Бромная вода — реактив на π -связи между атомами углерода.

Также легко происходит присоединение и галогеноводородов:

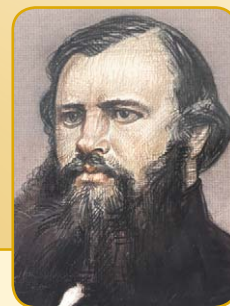
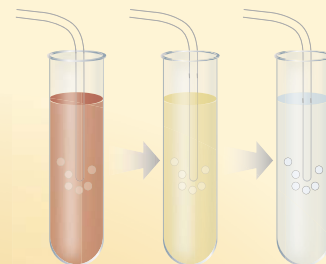
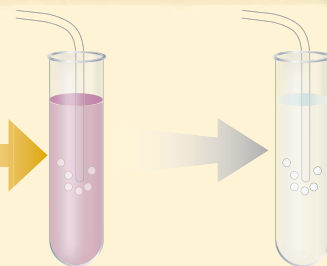
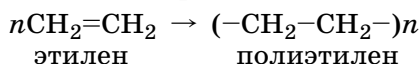


В случае присоединения воды или галогеноводородов к несимметричным алкенам наблюдается одна особенность:



При присоединении воды и галогеноводородов к несимметричным алкенам водород присоединяется к более гидрогенизированному атому углерода. Эта закономерность носит название **правило Марковникова**.

РЕАКЦИИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ При нагревании в присутствии катализаторов молекулы алкенов соединяются друг с другом, образуя гигантские молекулы. Схематично этот процесс можно изобразить так:



Марковников
Владимир Васильевич
1837–1904

Русский химик-органик, создатель теории взаимного влияния атомов.

Этен (этилен) — бесцветный, почти не обладающий запахом газ — ускоряет созревание фруктов и овощей, активизируя деятельность ферментов.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Как получают алкены в промышленности и в лаборатории?
- Приведите собственные примеры уравнений химических реакций, характеризующие свойства алкенов.

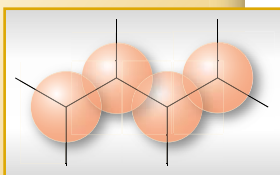
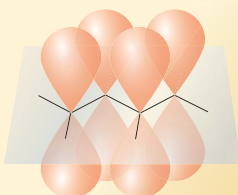
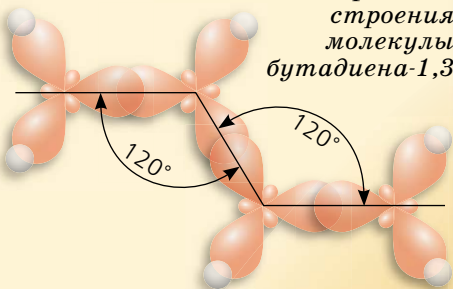
ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что в молекулах углеводородов может быть больше одной двойной связи.
- Как появление второй двойной связи и их взаимное расположение сказываются на химических свойствах углеводородов.

ВСПОМНИТЕ:

- Электронное строение молекул алканов и алкенов.
- Характерные реакции алкенов.

2.5. Схема электронного строения молекулы бутадиена-1,3



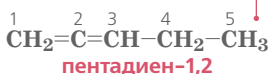
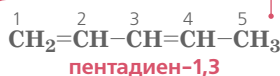
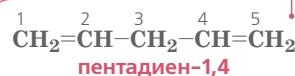
Лебедев
Сергей Васильевич
1874–1934

Русский химик, академик. Разработал способ получения синтетического каучука из бутадиена-1,3 полимеризацией в присутствии металлического натрия (1928).

АЛКАДИЕНЫ

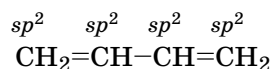
Углеводороды с общей формулой C_nH_{2n-2} , в молекулах которых имеются две двойные связи, относятся к классу **алкадиенов**.

КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА По взаимному положению двойных связей алкадиены делятся на три группы.

КУМУЛИРОВАННЫЕ ДИЕНЫ**АЛКАДИЕНЫ****СОПРЯЖЁННЫЕ ДИЕНЫ****ИЗОЛИРОВАННЫЕ ДИЕНЫ**

Сравнивая названия изомеров с их формулами, вы легко сформулируете правила составления названий диеновых углеводородов.

ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ БУТАДИЕНА-1,3 Одним из важнейших алкадиенов является бутадиен-1,3, или дивинил. В молекуле этого вещества все четыре атома углерода находятся в состоянии sp^2 -гибридизации:



Поэтому все атомы углерода и водорода лежат в одной плоскости, и углы между σ -связями составляют 120° . При этом негибридные p -орбитали образуют единую четырёхэлектронную систему.

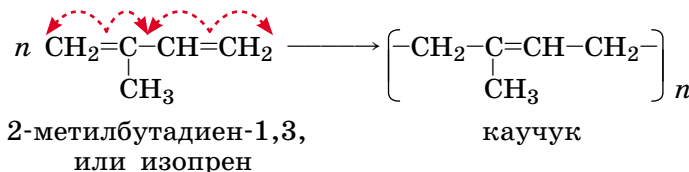


Взаимодействие двух соседних π -связей, разделённых одной σ -связью, называется π - π -сопряжением.

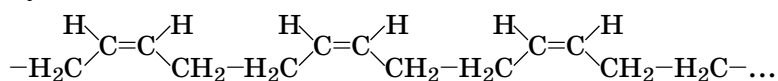
ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

Имея двойные связи в молекулах, алкадиены довольно легко полимеризуются. Продукт полимеризации 2-метилбутадиена-1,3 (изопрена) — природный каучук.

Полимеризация протекает в положении [1,4], например:

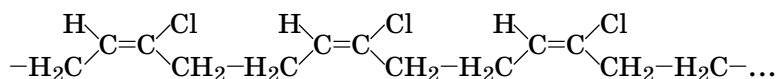
**2.6. Природный каучук**

ДИВИНИЛОВЫЙ КАУЧУК Вскоре после окончания Великой Отечественной войны удалось наладить производство стереорегулярного каучука из бутадиена-1,3, свойства которого приблизились к свойствам натурального каучука:



ИСКУССТВЕННЫЙ КАУЧУК Аналогично дивинилловому каучуку получают изопреновый каучук, полностью совпадающий по своему строению и по своим свойствам с природным.

ХЛОРОПРЕНОВЫЙ КАУЧУК Замена в молекуле изопрена метильной группы атомом хлора приводит к образованию 2-хлорбутадиена-1,3, который при полимеризации даёт хлоропреновый каучук:



Хлоропреновый каучук превосходит натуральный по свето- и термостойкости, устойчивости к действию нефтепродуктов, не горит.

РЕЗИНА Серьёзным недостатком каучука является его свойство размягчаться и становиться липким даже при незначительном нагревании. При низких температурах каучук становится очень хрупким. Придать материалу большую прочность, эластичность и другие ценные свойства позволяет вулканизация. Каучук смешивают с серой, сажей и другими наполнителями, формируют изделие и подвергают длительному нагреванию перегретым водяным паром. В этих условиях разрываются некоторые двойные связи в макромолекулах каучука, и по месту разрыва присоединяются атомы серы, сшивающие макромолекулы каучука друг с другом. Чем больше серы в вулканизируемой смеси, тем твёрже резина.



Вулканизация — процесс взаимодействия каучуков с серой, при котором происходит сшивание молекул каучука в единую пространственную структуру.

Пространственная структура вулканизированного каучука значительно влияет на его свойства: каучук растворяется в бензине, а резина только набухает в нём.

ЭБОНИТ Если при приготовлении резины взять слишком много серы, то макромолекулы каучука окажутся связанными друг с другом во многих местах. В результате материал утрачивает эластичность и становится твёрдым. Так получают *эбонит*, материал, с которым вы встречались на уроках физики при изучении явления электризации тел.



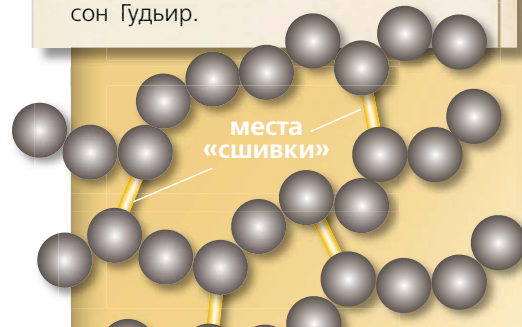
МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнение свойств каучуков и резины.

«ПОМОЩНИК»

● Сравните, как ведут себя при растяжении выданные вам образцы каучуков и резины. Запишите свои наблюдения.

Название автомобильных шин производства одной известной американской компании полностью совпадает с фамилией человека, открывшего в 1839 г. процесс вулканизации каучука, — Чарльз Нельсон Гудьир.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какие вещества относят к алкадиенам?
- Приведите два гомолога и два изомера пентадиена-1,2, составьте их названия.
- Почему возникла необходимость разработки способов получения синтетических каучуков?

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Способы получения ацетилена.
- Почему ацетилен в реакциях присоединения менее активен, чем этилен, хотя в его молекуле две π -связи.

ВСПОМНИТЕ:

- Что происходит с метаном при нагревании без доступа воздуха?

Впервые ацетилен был получен английским учёным Г. Дэви в 1831 г. В качестве исходного вещества он использовал карбид калия. В 1862 г. немецкий химик Ф. Вёлер обнаружил, что для получения ацетилена можно использовать более доступный карбид кальция.

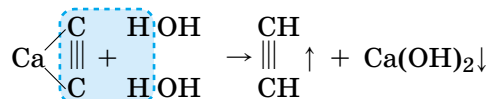


Ацетилен — бесцветный газ, в чистом виде почти без запаха. Его используют для резки и сварки металлов.

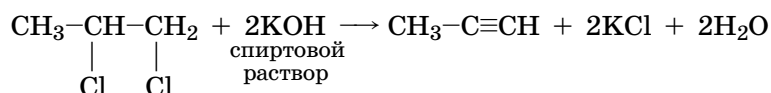
АЛКИНЫ

Вещества с тройной связью между атомами углерода образуют класс **алкинов**, их общая формула C_nH_{2n-2} . Важнейший представитель алкинов — ацетилен. Познакомимся со способами его получения и свойствами.

КАРБИДНЫЙ СПОСОБ Этот способ используется в химических лабораториях, а совсем недавно также широко использовался на строительных площадках. В его основе лежит взаимодействие карбида кальция с водой:

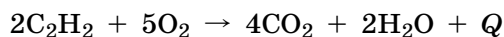


ДЕГИДРОГАЛОГЕНИРОВАНИЕ Другой лабораторный способ получения алкинов — отщепление двух молекул галогеноводорода от дигалогеналканов. Если взять, например, 1,2-дихлорпропан, то образуется пропин:

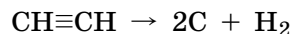


Промышленный способ получения ацетилена — пиролиз метана.

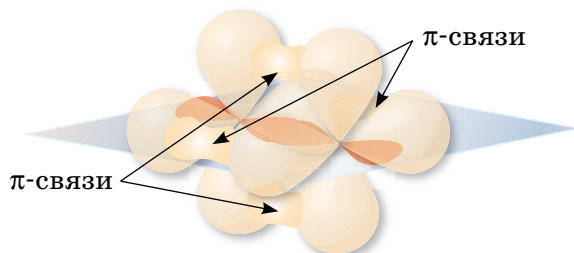
ГОРЕНИЕ АЦЕТИЛЕНА На воздухе ацетилен горит жёлтым, коптящим пламенем, что обусловлено большой массовой долей углерода в этом веществе. Если же сжигать ацетилен в кислороде, то пламя становится практически бесцветным:



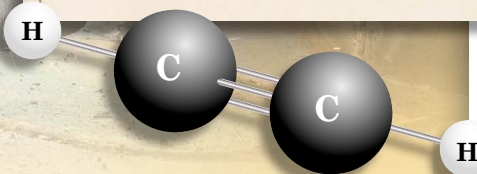
РАЗЛОЖЕНИЕ АЦЕТИЛЕНА Ацетилен — единственный широко используемый в промышленности газ, взрыв которого возможен в отсутствии кислорода или других окислителей:



РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ Атомы углерода в молекуле ацетилена связаны друг с другом двумя π -связями.



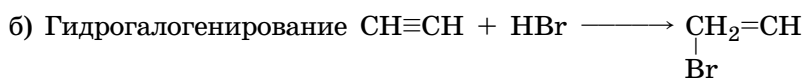
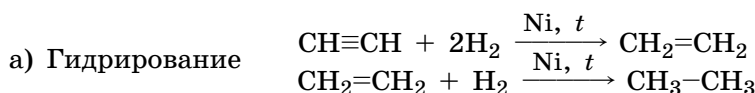
Можно было бы ожидать, что в реакциях присоединения ацетилен будет более активным веществом по сравнению с этиленом, в молекуле которого только одна π -связь.



Однако химическая активность ацетилена в реакциях присоединения меньше химической активности этилена. Это объясняется тем, что две π -связи приводят к уменьшению расстояния между атомами углерода. Электроны, образующие π -связи, в большей степени сконцентрированы в пространстве между ядрами, и поэтому внешние области ядра оказываются относительно обеднёнными электронной плотностью.

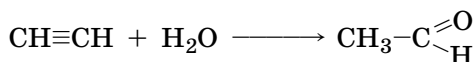


Реакции присоединения к алкинам протекают ступенчато: сначала разрывается одна π -связь, потом вторая.



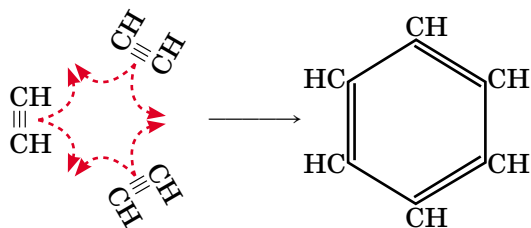
Дальнейшее присоединение происходит в соответствии с правилом В.В. Марковникова.

В присутствии солей ртути ацетилен легко присоединяет воду. Сначала образуется виниловый спирт $\text{CH}_2=\text{CHOH}$ — очень неустойчивое соединение, которое быстро изомеризуется, превращаясь в уксусный альдегид. Обычно уравнение гидратации ацетилена записывают без учёта образования промежуточного продукта (винилового спирта):



Эта реакция была открыта русским химиком-органиком М.Г. Кучеровым в 1881 г. и носит его имя — *реакция Кучерова*. Долгие годы она лежала в основе промышленного получения уксусного альдегида.

РЕАКЦИЯ ТРИМЕРИЗАЦИИ АЦЕТИЛЕНА При пропускании ацетилена через раскалённый активированный уголь при температуре 450–500 °С три молекулы ацетилена соединяются вместе, образуя циклическую молекулу из шести атомов углерода:



Строению и свойствам образовавшегося вещества — бензола — посвящён следующий параграф учебника.

ПРИМЕНЕНИЕ АЦЕТИЛЕНА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ

Газ для резки и сварки металлов

Синтез уксусного альдегида и уксусной кислоты

Производство лекарств, духов, красителей, искусственных волокон

Производство поливинилхлорида

Реакцию тримеризации ацетилена первым осуществил французский химик М. Бертло в 1875 г., но массовая доля бензола в реакционной смеси была очень маленькой. Спустя полвека, в 1927 г., наш соотечественник Н.Д. Зелинский нашёл способ увеличить долю бензола в реакционной смеси.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

● Приведите свои примеры химических реакций, характерных для ацетилена.

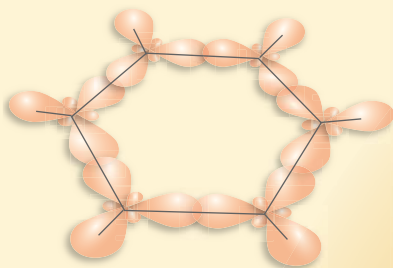
● Как вы думаете, можно ли использовать бромную воду и/или раствор перманганата калия для обнаружения ацетилена? Дайте аргументированный ответ, приведя при необходимости уравнения химических реакций (если они осуществимы).

ВЫ УЗНАЕТЕ:

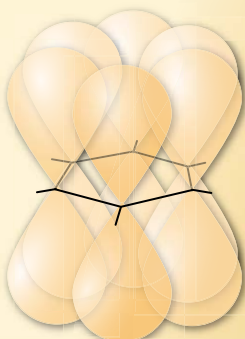
- Почему в молекуле бензола нет ни ординарных, ни двойных углерод-углеродных связей.
- Что строение молекул можно представить в виде разных моделей.

ВСПОМНИТЕ:

- Строение молекулы бутадиена-1,3.



2.7. Система σ -связей в молекуле бензола



2.8. Система π -связей в молекуле бензола

Бензол — бесцветная, легкокипящая ($t_{\text{кип.}} = 80^\circ\text{C}$), нерастворимая в воде жидкость со своеобразным запахом. Все работы с бензолом следует проводить в вытяжном шкафу, вдали от открытого огня.

**АРЕНЫ**

Простейшим представителем **аренов**, или ароматических углеводородов, является бензол, но строение молекулы этого явно непредельного соединения оказывается не таким уж простым.

СОСТАВ И СТРУКТУРА МОЛЕКУЛЫ БЕНЗОЛА Исследование продуктов горения бензола приводит к молекулярной формуле C_6H_6 . Таким качественным и количественным составом обладает множество веществ, но среди всех возможных изомеров бензол только один. Определить последовательность соединения атомов углерода в молекуле бензола можно химическими методами.

ГИБРИДИЗАЦИЯ АТОМОВ УГЛЕРОДА И СИСТЕМА σ -СВЯЗЕЙ В МОЛЕКУЛЕ БЕНЗОЛА Все шесть атомов углерода, образующих молекулу бензола, находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Соединяясь друг с другом с помощью гибридных орбиталей, атомы углерода образуют σ -связи.

Атомы водорода связаны с атомами углерода также σ -связями.

Так как углы между осями sp^2 -гибридных орбиталей составляют 120° , все атомы углерода расположены в одной плоскости — плоскости σ -связей.

СИСТЕМА π -СВЯЗЕЙ В МОЛЕКУЛЕ БЕНЗОЛА У каждого из атомов углерода остаётся по одной негибридной p -орбитали, располагающейся перпендикулярно плоскости, в которой находятся гибридные sp^2 -орбитали. Поскольку расстояния между всеми атомами углерода одинаковы, происходит боковое перекрывание каждой негибридной p -орбитали с двумя соседними, так, как это происходит в молекуле известного вам бутадиена-1,3.

В результате образуется единое π -электронное облако — сопряжённая система, в которой одновременно находятся три электронные пары.

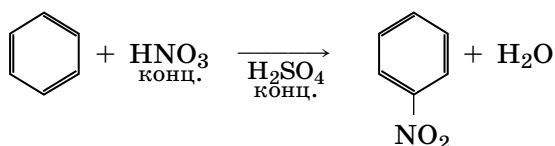


Углерод-углеродные связи в молекуле бензола принято называть ароматическими. Углеводороды, в молекулах которых содержится одно или несколько бензольных колец, относят к **ароматическим углеводородам**, или **аренам**.

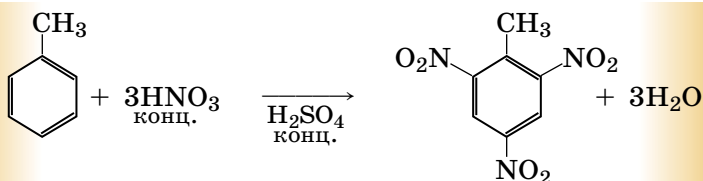
РЕАКЦИЯ ЗАМЕЩЕНИЯ Реакция бензола с галогенами протекает в присутствии катализатора — галогенида железа(III).



Бензол с трудом взаимодействует со смесью концентрированных азотной и серной кислот, при этом происходит замещение одного атома водорода нитрогруппой:



Нитрование толуола происходит значительно легче, в результате чего образуется 1-метил-2,4,6-тринитробензол (тринитротолуол, тротил, тол):



Метильная группа увеличивает химическую активность бензольного ядра в положениях 2,4,6 в молекуле толуола.

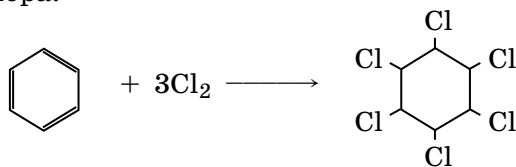


Отсюда следует важный вывод, который является одним из положений теории химического строения органических соединений А.М. Бутлерова:

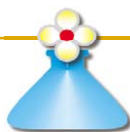
Атомы в молекулах оказывают друг на друга взаимное влияние.

РЕАКЦИИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ

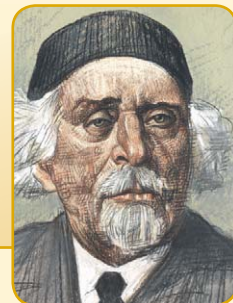
При освещении ярким солнечным светом молекулы бензола присоединяют шесть атомов хлора:



Если же для реакции с бензолом взять водные растворы хлора, брома, соляной или бромоводородной кислоты, то бензол с ними взаимодействовать не будет.



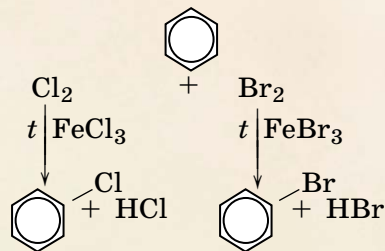
Гексахлорциклогексан долгое время использовался в сельском хозяйстве под названием «гексахлоран» для борьбы с насекомыми-вредителями. Выяснилось, что применение этого вещества вызывает серьёзные изменения в развитии эмбриона человека, приводящие к врождённым уродствам. Поэтому в настоящее время гексахлоран не применяется.



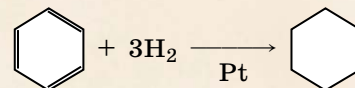
Зелинский
Николай Дмитриевич
1861–1953

Русский химик-органик, академик. Осуществил синтез бензола из ацетилена на активированном угле.

Бензол обладает свойствами предельного углеводорода.



Бензол может взаимодействовать и с водородом, образуя циклогексан:



Для протекания этой реакции необходим катализатор, например платина.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

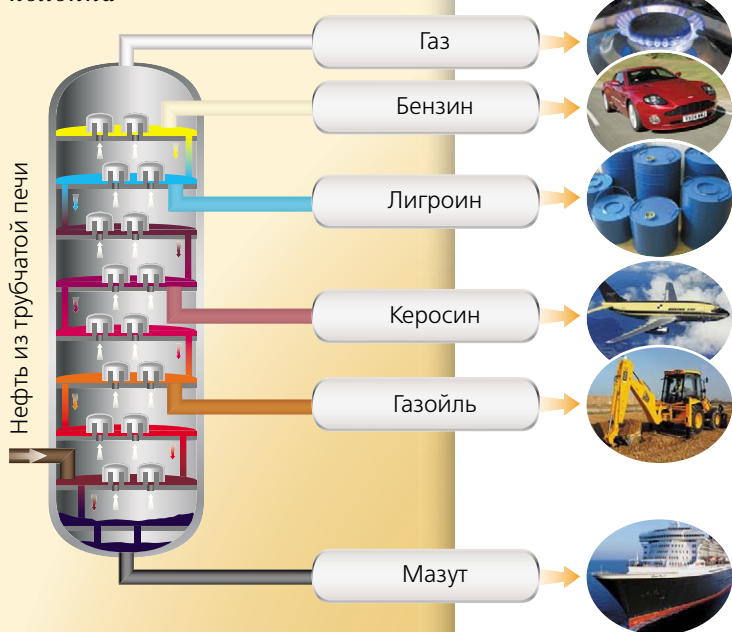
- Объясните, почему выражение «в молекуле бензола три двойные связи» ошибочно. Каков характер углерод-углеродных связей в молекуле бензола?
- Объясните: а) что общего в реакциях присоединения у алкенов и бензола; б) чем они различаются.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

Промышленные способы получения алканов, алкенов, алкинов.

ВСПОМНИТЕ:

Уже известные вам способы получения и свойства данных представителей углеводородов.

2.9. Ректификационная колонна

ПОЛУЧЕНИЕ НЕЦИКЛИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Углеводороды являются сырьём для получения многих органических соединений, без которых трудно представить себе жизнь современного человека. Прежде чем углеводороды станут исходными веществами для промышленного органического синтеза, их необходимо получить.

ПОЛУЧЕНИЕ АЛКАНОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ Газообразные алканы получают в основном из природного газа (почти на 95 % состоящего из метана) и нефтяного попутного газа.

Жидкие алканы в промышленности получают в результате переработки нефти — густой маслянистой жидкости чёрного, иногда тёмно-коричневого цвета с характерным запахом. Нефть представляет собой смесь различных веществ, основная её часть — это углеводороды, молекулы которых состоят из 5 и более атомов углерода. Помимо алканов, в состав нефти входят вещества, относящиеся к другим классам органических соединений.

На нефтеперерабатывающих заводах нефть, предварительно удалив из её состава газообразные углеводороды, нагревают в трубчатых печах, после чего она попадает в специальные аппараты — ректификационные колонны. Происходит перегонка нефти — разделение её на фракции (части), каждая из которых представляет смесь углеводородов с определёнными интервалами температуры кипения.

Твёрдые алканы встречаются в природе в виде залежей горного воска, или озокерита.

Озокерит

**ПРОМЫШЛЕННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ АЛКЕНОВ**

Сырьём для получения алкенов служат предельные углеводороды, входящие в состав нефтепродуктов. При их нагревании в присутствии катализатора происходит разрыв углерод-углеродных связей в углеродной цепи, и образуются молекулы нового алкана и алкена.

Метод термического крекинга был изобретён и запатентован русским инженером С.Г. Шуховым и его учеником С.П. Гавриловым в 1891 г.



Процесс расщепления углеводородов, содержащихся в нефти, в результате которого образуются углеводороды с меньшим числом атомов углерода в молекуле, называют крекингом (от англ. *crack* — раскалывать).

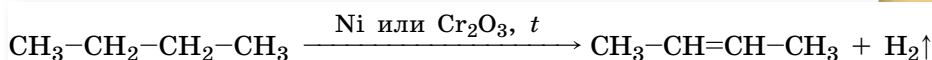
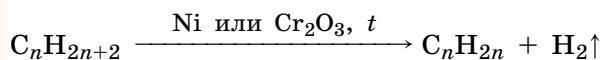
Приведём схему реакции на примере октана.



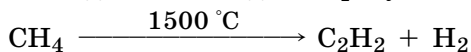
Если процесс проводится в присутствии катализатора, то крекинг называется каталитическим, без катализатора — термическим.

Газы крекинга состоят до 15 % из алкенов, при этом выход газа достигает иногда 8 % от массы исходного сырья.

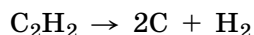
ДЕГИДРОГЕНИЗАЦИЯ Углеводороды ряда этилена также можно получить дегидрогенизацией предельных углеводородов. В результате реакции от молекулы алкана отщепляется молекула водорода. Реакция протекает в присутствии катализаторов по общей схеме:



ПИРОЛИЗ МЕТАНА Как вы помните, при нагревании метана без доступа воздуха происходит его пиролиз, т.е. разложение на водород и сажу. Этот процесс происходит постепенно, и на одной из стадий образуется ацетилен:



Дальнейшее нагревание ацетилена приводит к полному распаду органического соединения на простые вещества:



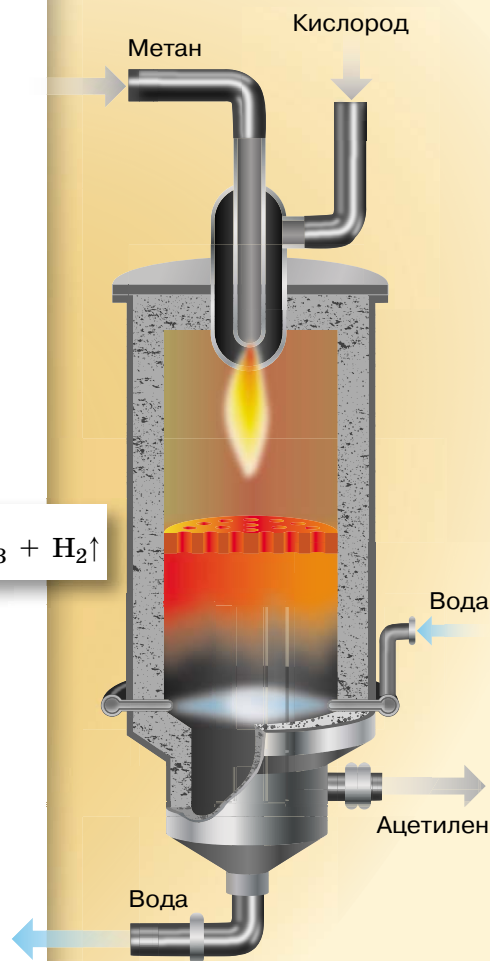
Возникает проблема: как провести первую реакцию, но не допустить протекания второй?

Для разложения метана нужна очень высокая температура — около полутора тысяч градусов. Отсюда вторая проблема: чем нагревать метан?

Решение этих двух проблем было найдено: метан, из которого получают ацетилен, нагревается пламенем горящего метана, а протеканию второй, «вредной» реакции препятствует быстрое прохождение газов через зону реакции и интенсивное орошение холодной водой.



Необходимая для пиролиза метана высокая температура в промышленных установках создаётся и за счёт электрического тока: метан с высокой скоростью проходит между металлическими электродами и превращается в ацетилен. Этот способ получения ацетилена называется электрокрекингом.

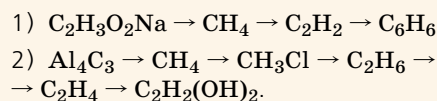


2.10. Схема промышленной установки для получения ацетилена из метана

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

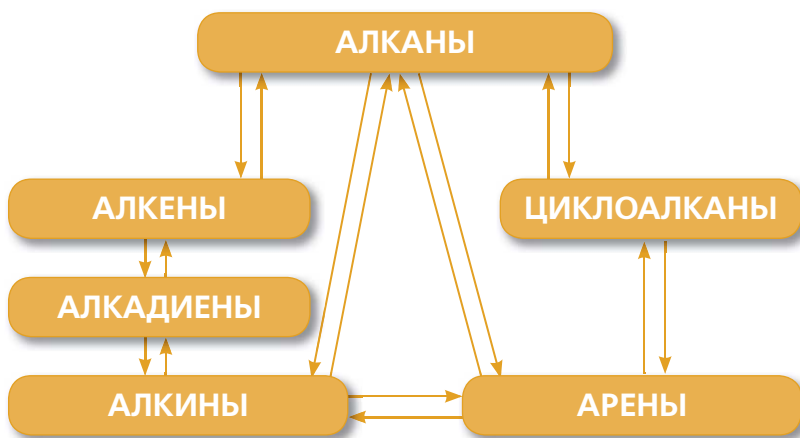
- 🍊 Какое значение имеет промышленный способ получения углеводов для человечества?

- Предложите уравнения химических реакций, отражающие данные схемы:



ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

- Алканы — углеводороды с общей формулой C_nH_{2n+2} . Для алканов характерны реакции замещения атомов водорода на атомы других химических элементов или группы атомов.
- Алкены — углеводороды с общей формулой C_nH_{2n} и незамкнутой углеродной цепью. В молекулах алкенов есть одна двойная связь между атомами углерода. Для алкенов характерны реакции присоединения атомов других элементов и групп атомов.
- Алкадиены — углеводороды с общей формулой C_nH_{2n-2} , в молекулах которых имеются две двойные связи. Для алкадиенов характерны реакции присоединения атомов других элементов и групп атомов.
- Алкины — углеводороды с общей формулой C_nH_{2n-2} , незамкнутой углеродной цепью и одной тройной связью между атомами углерода. Для алкинов характерны реакции присоединения атомов других элементов и групп атомов.
- Арены — углеводороды с общей формулой C_nH_{2n-6} , в молекулах которых содержится одно или несколько бензольных колец. Гомологи бензола. Для аренов характерны реакции замещения (как у алканов), но могут протекать и реакции присоединения (как у алкенов).



ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Д.И. Менделеев сравнил использование нефти в качестве топлива с использованием в этой роли бумажных денег — ассигнаций. Докажите или опровергните слова великого русского химика и приготовьтесь аргументированно отстаивать свою точку зрения во время дискуссии на уроке.



Глава III

КИСЛОРОД-СОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

- ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОДНОАТОМНЫЕ СПИРТЫ
- МНОГОАТОМНЫЕ СПИРТЫ
- ФЕНОЛЫ
- АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ
- КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ
- СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ И ЖИРЫ
- ГЛЮКОЗА И САХАРОЗА
- КРАХМАЛ И ЦЕЛЛЮЛОЗА
- ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОКСИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

«Мы можем из двух, трёх, четырёх сложных органических атомов, соединяя их, образовывать атомы высших разрядов и разлагать более сложные на менее сложные. Из дерева и крахмала мы можем составить сахар, а из сахара можем получить щавелевую, молочную, уксусную кислоту, альдегид, алкоголь...»

Немецкий учёный Ю. Либих

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Правила составления названий спиртов.
- Почему среди спиртов нет газообразных веществ.
- Важнейшие химические свойства алканолов.
- Как условия проведения химической реакции влияют на её результат.

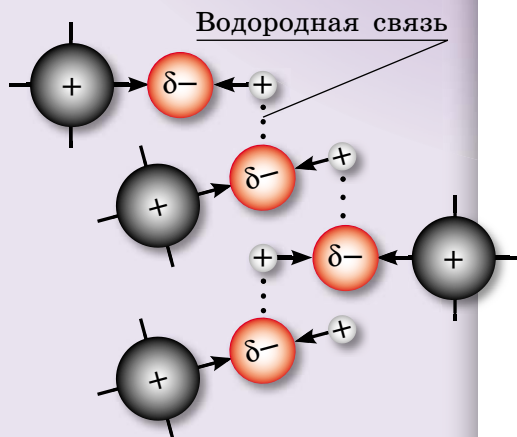
ВСПОМНИТЕ:

- Как изменяются физические свойства веществ в гомологическом ряду алканов?
- Виды химической связи, с которыми вы познакомились в основной школе.
- Общее химическое свойство всех органических веществ.
- Как в лаборатории получают этилен?

В повседневной жизни используют тривиальные названия простейших спиртов:

- CH_3OH — древесный спирт, метиловый спирт;
- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ — винный, медицинский, этиловый спирт или просто спирт;
- смесь спиртов $\text{C}_3\text{—C}_5$ — сивушное масло, сивуха.

3.1. Условная схема образования водородной связи



ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОДНОАТОМНЫЕ СПИРТЫ

Спирты — простейшие вещества среди органических соединений, в состав молекул которых входят атомы кислорода.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА СПИРТОВ И КЛАССИФИКАЦИЯ СПИРТОВ

К спиртам относят производные углеводородов, в состав молекул которых входит одна или несколько *гидроксильных групп*. Если вещества являются производными предельных углеводородов и содержат только одну гидроксильную группу, их называют **предельными одноатомными спиртами**.

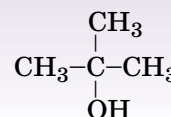
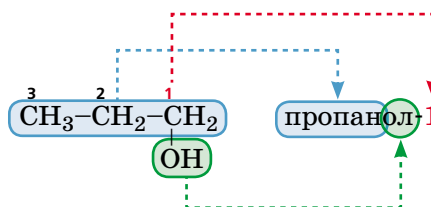


Общая формула предельных одноатомных спиртов $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$.

Гидроксильная группа, входящая в состав спиртов, — функциональная группа.

НОМЕНКЛАТУРА СПИРТОВ

В основе названия спиртов лежит название соответствующего алкана. Наличие в молекуле гидроксильной группы обозначается суффиксом *-ол*. Поскольку гидроксильная группа может присоединяться к разным атомам углерода, в конце названия указывают номер углеродного атома, с которым атом кислорода образует химическую связь.



2-метилпропанол-2

СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ

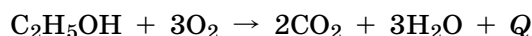
В состав молекул спиртов входят атомы кислорода, которые по своей электроотрицательности значительно превосходят атомы углерода и водорода. Поэтому связи C—O и O—H оказываются сильно полярными, особенно связи между атомами кислорода и водорода. На атоме кислорода возникает частично отрицательный, а на атоме водорода — частично положительный заряды, поэтому атомы водорода из одной молекулы спирта притягиваются к атомам кислорода из другой молекулы. Образуется водородная связь.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПИРТОВ

При обычных условиях даже самые простейшие спирты с небольшим числом атомов углерода — жидкости. Это объясняется образованием водородных связей между атомами кислорода и водорода, которые удерживают молекулы спиртов рядом друг с другом.

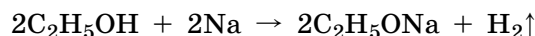
Метанол, этанол и пропанола хорошо растворяются в воде, смешиваясь с ней в любых отношениях. По мере увеличения числа атомов углерода в молекулах спиртов растворимость спиртов уменьшается, и высшие спирты в воде не растворяются.

ГОРЕНИЕ СПИРТОВ — ПОЛНОЕ ОКИСЛЕНИЕ Жидкие спирты представляют собой легко воспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) — их пары над поверхностью жидкости вспыхивают в результате контакта с открытым пламенем.



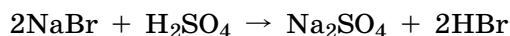
Метанол и этанол горят на воздухе практически бесцветным пламенем. По мере увеличения числа атомов углерода в молекулах спиртов пламя приобретает жёлтую окраску, становится коптящим.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ЩЕЛОЧНЫМИ МЕТАЛЛАМИ Из-за большой полярности связи О—Н атомы водорода в молекулах спиртов обладают подвижностью, что проявляется во взаимодействии спиртов со щелочными металлами:



Роль спиртов в этой химической реакции сродни роли кислот, но, в отличие от кислот, спирты не вступают во взаимодействие с растворами щелочей.

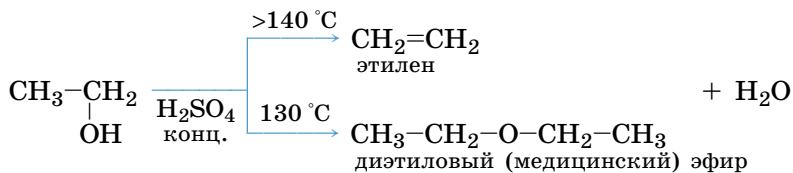
РЕАКЦИЯ С ГАЛОГЕНОВОДОРОДАМИ Нагревание спиртов со смесью галогенидов металлов и серной кислоты приводит к образованию галогенпроизводных алканов. Сначала галогенид металла взаимодействует с серной кислотой:



Образующийся бромоводород вступает во взаимодействие со спиртом:

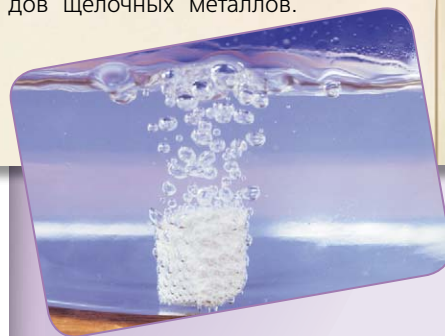


РЕАКЦИЯ ДЕГИДРАТАЦИИ При нагревании спиртов с концентрированной серной кислотой происходит отщепление молекул воды.



Раствор, состоящий из 95,57 % этанола и 4,43 % воды, не удаётся разделить перегонкой, так как в таком растворе и вода, и этанол кипят при одной и той же температуре 78,15 °С. Эту смесь и ей подобные называют азеотропными смесями, т.е. нераздельно кипящими.

Взаимодействие щелочных металлов со спиртами протекает не так бурно, как с водой. Эту реакцию используют для уничтожения отходов щелочных металлов.

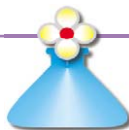


3.2. Взаимодействие натрия с этанолом

Разные условия проведения химической реакции дают разные продукты. При более высокой температуре происходит внутримолекулярная дегидратация, приводящая к образованию алкенов, а при более низкой температуре — межмолекулярная дегидратация, основным продуктом которой являются простые эфиры.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какие физические свойства спиртов объясняются образованием водородных связей?
- Приведите собственные примеры уравнений химических реакций, характерных для предельных одноатомных спиртов.



Все спирты — яды, особенно метанол. Смертельная доза 96 %-ного этанола для взрослого человека равна 300–400 мл, для ребёнка — 30 мл.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Почему в молекуле простейшего многоатомного спирта должно быть не менее двух атомов углерода.
- Какими химическими свойствами обладают этиленгликоль и глицерин.
- Как отличить многоатомные спирты от одноатомных.

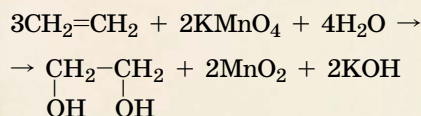
ВСПОМНИТЕ:

- Свойства угольной кислоты.
- Качественные реакции на алкены.



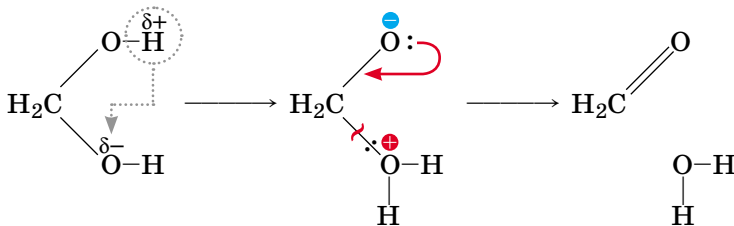
Заменитель сахара ксилит, зарегистрированный в качестве пищевой добавки E967, — многоатомный спирт, его формула $C_5H_7(OH)_5$. Используется при производстве жевательных резинок.

Этиленгликоль образуется при проведении качественной реакции на этилен с использованием нейтрального водного раствора перманганата калия:

**МНОГОАТОМНЫЕ СПИРТЫ**

Молекулы многоатомных спиртов содержат несколько гидроксильных групп, поэтому можно предположить, что свойства многоатомных спиртов должны быть похожи на свойства одноатомных. Однако есть и существенные различия.

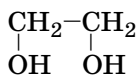
СТРОЕНИЕ МНОГОАТОМНЫХ СПИРТОВ Гомологический ряд двухатомных спиртов начинается с вещества, молекула которого образована двумя атомами углерода. Молекула простейшего трёхатомного спирта образована тремя атомами углерода... Почему нет двухатомного спирта с одним атомом углерода? Рассмотрим строение молекулы гипотетического метандиола. Атомы водорода, входящие в состав гидроксильной группы, несут на себе большой положительный заряд, а атомы кислорода — большой отрицательный заряд. Поэтому атом водорода из одной гидроксильной группы легко перемещается к атому кислорода из другой гидроксильной группы. Затем происходит ряд превращений, которые можно показать в виде схемы:



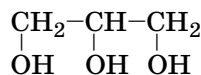
В результате образуется вода и вещество, относящееся к другому классу органических соединений — классу альдегидов.

Соединения, в которых к одному атому углерода присоединяются две гидроксильные группы, очень неустойчивы и разлагаются с отщеплением воды.

НОМЕНКЛАТУРА МНОГОАТОМНЫХ СПИРТОВ Названия многоатомных спиртов составляются по тем же правилам, что и названия одноатомных спиртов. Различие заключается в том, что в названии обязательно указывается число гидроксильных групп с помощью приставок *ди-*, *три-*, *тетра-* и т.д. Также перечисляются номера атомов углерода, к которым присоединяются гидроксильные группы:



этандиол-1,2,
или этиленгликоль



пропантриол-1,2,3,
или глицерин

Этиленгликоль и глицерин — важнейшие представители многоатомных спиртов. Это бесцветные, вязкие, сиропообразные жидкости, которые хорошо растворяются в воде.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОАТОМНЫХ СПИРТОВ Этиленгликоль и глицерин обладают свойствами, во многом напоминающими свойства одноатомных спиртов, например:

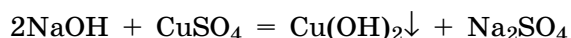
1) многоатомные спирты горят с образованием углекислого газа и воды;

2) они легко взаимодействуют со щелочными металлами, в результате чего образуются алкоглаты щелочных металлов и выделяется водород;

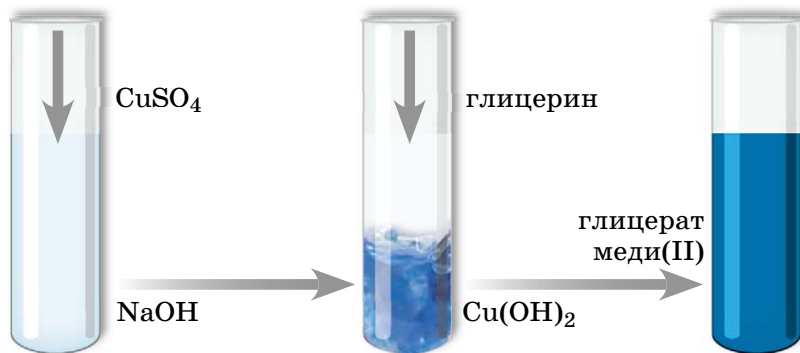
3) при действии галогеноводородов образуются галогенпроизводные углеводов.

КАЧЕСТВЕННАЯ РЕАКЦИЯ НА МНОГОАТОМНЫЕ СПИРТЫ В отличие от одноатомных спиртов, этиленгликоль, глицерин и другие многоатомные спирты при обычных условиях вступают в химическую реакцию со свежеосаждённым гидроксидом меди(II).

Добавим в пробирку с раствором щёлочи несколько капель раствора сульфата меди(II):



Если к образовавшемуся синему студенистому осадку гидроксида меди(II) прилить раствор глицерина и пробирку встряхнуть, чтобы вещества перемешались, осадок растворяется с образованием прозрачного раствора глицерата меди(II) ярко-синего цвета.



Реактив на многоатомные спирты — свежеосаждённый гидроксид меди(II). Реакция протекает при обычных условиях с образованием ярко-синего раствора.

Комплексное соединение глицерат меди используют при проведении клинического анализа мочи для определения в ней сахара.

Глицерин входит в состав мыла и многих парфюмерных и косметических препаратов, а также кондитерских изделий, придавая им вязкость.



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение свойств многоатомных спиртов.

«ПОМОЩНИК»

● Проверьте, хорошо ли растворяется выданный вам в пробирке образец глицерина. Для этого добавьте к нему такой же объём воды.

● Проведите качественную реакцию на многоатомные спирты, используя для этого полученный вами раствор глицерина.

ЗАДАНИЯ:

● Объясните, почему не существует этандиола-1,1.

● Составьте уравнения химических реакций, которые упоминаются в тексте параграфа.

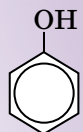
ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как бензольное ядро влияет на гидроксильную группу.
- Как гидроксильная группа влияет на бензольное ядро.

ВСПОМНИТЕ:

- Общее и различия в свойствах бензола и толуола.
- Чем объясняются эти различия?
- Как называются электролиты, в растворах которых нет других катионов, кроме ионов водорода?

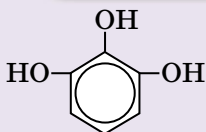
Водный раствор фенола — антисептик, его широко использовали в медицине: для дезинфекции помещений, хирургических инструментов.

ФЕНОЛЫ**Одноатомные**

фенол

**Двухатомные**

гидрохинон

**Трёхатомные**

пирогаллол

**ФЕНОЛЫ**

В молекулах гидроксильных производных углеводородов могут содержаться радикалы аренов.

ФЕНОЛЫ Большой интерес представляют соединения, в молекулах которых гидроксильная группа присоединяется непосредственно к бензольному ядру. По тривиальному названию простейшего представителя эти соединения называют фенолами.



Фенолы — гидроксильные производные ароматических углеводородов, в молекулах которых функциональная группа соединяется с атомом углерода, входящим в состав бензольного ядра.

ВЛИЯНИЕ БЕНЗОЛЬНОГО ЯДРА НА ГИДРОКСИЛЬНУЮ ГРУППУ В результате взаимодействия электронов, образующих π -систему в бензольном ядре, с неподелённой электронной парой атома кислорода значительно ослабевает связь $O-H$. Атомы водорода из гидроксильной группы становятся подвижными и довольно легко отщепляются от молекулы фенола:



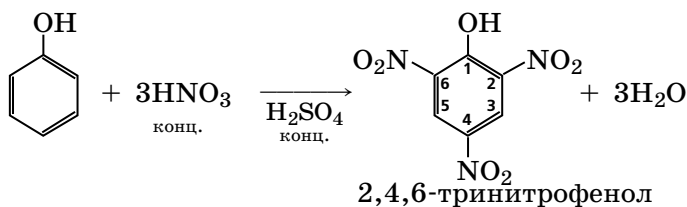
Диссоциация фенола объясняет его свойство взаимодействовать со щелочами:



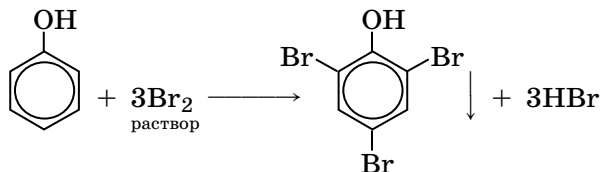
По сравнению с известными вам минеральными (неорганическими) кислотами фенол очень слабая кислота, которую может вытеснить из фенолята натрия даже угольная кислота:

**ВЛИЯНИЕ ГИДРОКСИЛЬНОЙ ГРУППЫ НА БЕНЗОЛЬНОЕ ЯДРО**

Неподеленная электронная пара атома кислорода, которая находится на p -орбитали, взаимодействуя с электронами, образующими π -систему в бензольном ядре, делает подвижными атомы водорода, соединённые со 2-м, 4-м и 6-м атомами углерода. Поэтому активность фенола в реакциях замещения выше активности бензола:



В отличие от бензола, который взаимодействует с бромом в присутствии железа и при нагревании, фенол очень легко вступает в химическую реакцию не только с бромом, но и с бромной водой. В результате этой реакции образуется белый осадок 2,4,6-tribромфенола:

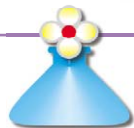


Эта реакция может служить для качественного обнаружения фенола.



В молекуле фенола углеводородный радикал (фенил) и функциональная группа (гидроксил) оказывают друг на друга взаимное влияние, увеличивая активность в химических реакциях.

Фенол применяют в производстве красителей, синтезе лекарственных веществ.



2,4,6-тринитрофенол — взрывчатое вещество, оно использовалось в годы Первой мировой войны для снаряжения артиллерийских снарядов. В разных странах его называли по-разному: пикриновая кислота, шимоза, мелинит и т.п. Мирные применения пикриновой кислоты: производство некоторых красителей, в гистологии для окрашивания изучаемых тканей организма, в медицине как антисептическое средство.

Кислотные свойства фенола нашли отражение в устаревшем (и потому редко сейчас используемом) названии — карболовая кислота или карболка. Карболовая кислота слабее уксусной кислоты, но сильнее синильной.



3.3. Кристаллы пикриновой кислоты

ВОПРОСЫ:

- Как бензольное ядро влияет на гидроксильную группу?
- Как гидроксильная группа влияет на бензольное ядро?

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Строение функциональной группы веществ, образующихся в результате окисления спиртов.
- Свойства альдегидов и кетонов.

ВСПОМНИТЕ:

- Как вы обнаруживали в органических веществах наличие атомов углерода, водорода и хлора?
- Определение понятия «функциональная группа».
- Правила составления названий углеводородов и их гидроксильных производных.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**Получение альдегидов.****«ПОМОЩНИК»**

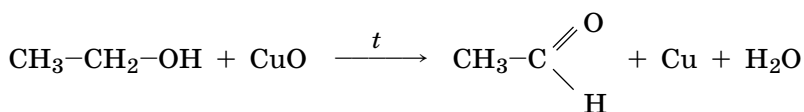
- 1) Определите запах жидкости, выданной вам в пробирке.
- 2) Возьмите медную спираль тигельными щипцами и раскалите её в пламени спиртовки.
- 3) Опустите раскалённую медную спираль в жидкость. Осторожно: не касайтесь спиралью стенок пробирки и не бросайте её в жидкость!
- Повторите второе и третье действия несколько раз.
- Определите запах жидкости в пробирке после проведения опыта.

Поскольку карбонильная группа в альдегидах всегда находится в начале углеродной цепи, её положение в названии не указывают.

АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

В энциклопедическом словаре Брокгауза и Эфрона (1890–1907) приводится простой способ различения метилового и этилового спиртов в домашних условиях: раскалить медную проволоку и опустить её горячей в испытуемую жидкость. Если появляется резкий, удушливый запах, то эта жидкость — метиловый спирт. Если же запах похож на запах уксуса, то для испытания взят этанол. Что происходит со спиртами при окислении на раскалённой медной проволоке?

ОКИСЛЕНИЕ СПИРТОВ При накаливании медной проволоки на её поверхности образуется оксид меди(II), который вступает в химическую реакцию со спиртами:



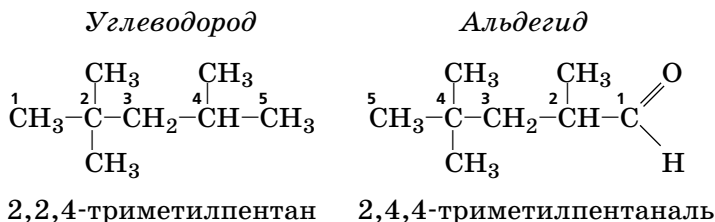
КАРБОНИЛЬНАЯ ГРУППА В результате окисления оксидом меди(II) в молекуле появилась новая функциональная группа, которую называют *карбонильной* или *карбонилем*:



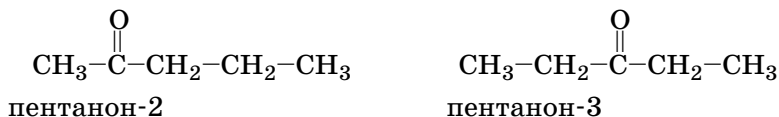
Если к карбонильной группе присоединяется хотя бы один атом водорода, вещество относится к классу **альдегидов**.

Если к карбонильной группе присоединяются только углеводородные радикалы, вещество относится к классу **кетонов**.

НОМЕНКЛАТУРА АЛЬДЕГИДОВ Названия альдегидов производят от названий углеводородов с таким же числом атомов углерода и соответствующим строением путём добавления в конце названия суффикса *-аль*. При этом нумерация атомов углерода в главной цепи всегда начинается с карбонильной группы. Сравните:

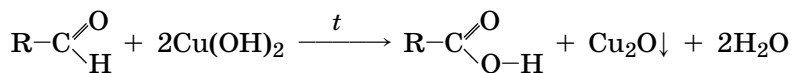


НОМЕНКЛАТУРА КЕТОНОВ Наличие карбонильной группы, находящейся в середине молекулы, указывается в названии с помощью суффикса *-он*. Например:

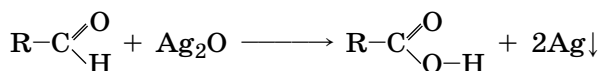


ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЬДЕГИДОВ: РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ

С помощью реакции окисления можно обнаружить наличие альдегидов в растворах. Для этого используют, как правило, свежеосаждённый гидроксид меди(II). При осторожном нагревании синий осадок сначала становится зелёным, затем жёлтым и, наконец, приобретает красную окраску:



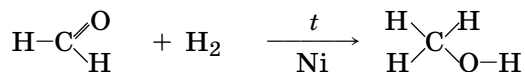
Альдегиды при нагревании легко окисляются оксидом серебра, точнее соединением, которое образуется в результате растворения оксида серебра в аммиачной воде. Этот процесс можно условно описать в виде схемы:



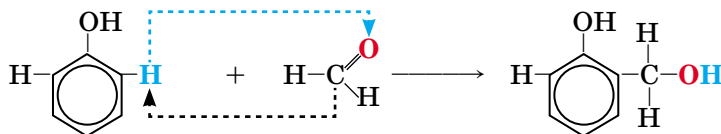
Если нагревать вещества очень осторожно, серебро покрывает стенки пробирки ровным тонким слоем. Внутренняя поверхность пробирки становится зеркальной. Реакция серебряного зеркала — качественная реакция на альдегиды.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЬДЕГИДОВ: РЕАКЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

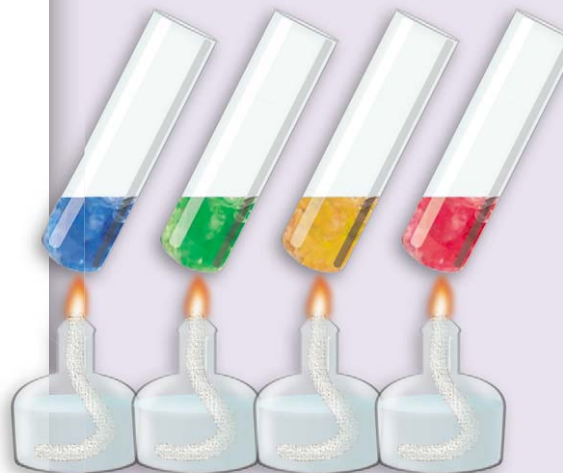
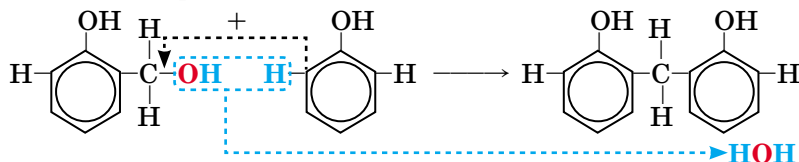
Реакции восстановления менее характерны для альдегидов, чем реакции окисления. Они протекают при нагревании в присутствии катализатора, например никеля. В результате реакции образуется соответствующий первичный спирт:



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕТАНАЛЯ С ФЕНОЛОМ Вы помните, что в молекуле фенола атомы водорода, соединённые со 2, 4 и 6-м атомами углерода, обладают большой подвижностью. Также вам известно, что в реакциях восстановления альдегидов происходит присоединение атомов водорода по двойной связи C=O. При нагревании смеси фенола и формальдегида происходит переход атома водорода от второго углеродного атома в молекуле фенола к атому кислорода карбонильной группы формальдегида:



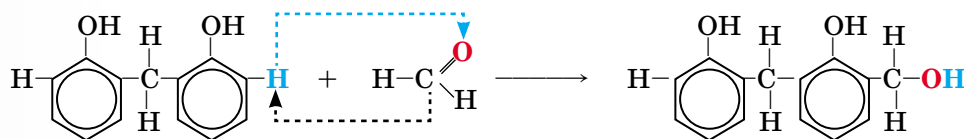
Образовавшееся вещество взаимодействует с другой молекулой фенола:



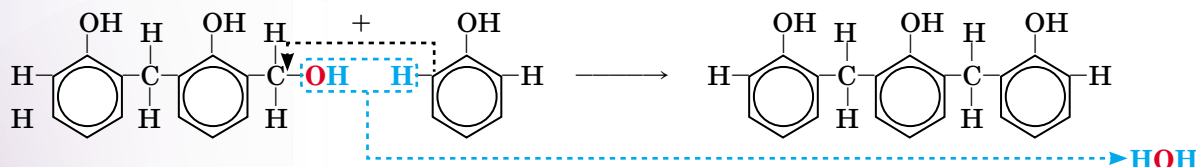
3.4. Последовательность изменения окраски при окислении альдегидов гидроксидом меди(II).

Свежеосаждённый гидроксид меди(II) используется для обнаружения в растворах многоатомных спиртов и альдегидов. Если при обычных условиях гидроксид меди(II) растворяется в испытуемом веществе с образованием яркосинего раствора, вещество — многоатомный спирт. Если гидроксид меди(II) при нагревании с испытуемым веществом становится красным, вещество — альдегид.

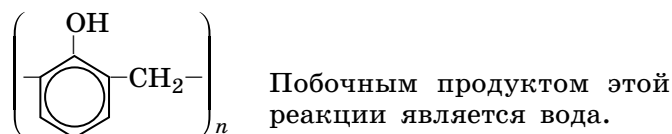
ПОЛИКОНДЕНСАЦИЯ Легко догадаться, что на этом химическая реакция не заканчивается:



И затем:



Реакционная смесь постепенно темнеет, теряет подвижность и становится похожей на смолу — образуется полимер:



Реакция поликонденсации — химическая реакция, в результате которой образуется высокомолекулярное вещество (полимер) и выделяется низкомолекулярный продукт (часто — вода).

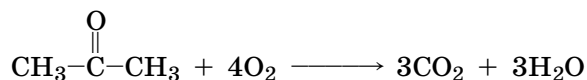


При температуре $-95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ацетон превращается в твёрдое вещество, а при температуре $+56\text{ }^{\circ}\text{C}$ ацетон закипает.

КЕТОНЫ Соединения, в которых группа $\text{C}=\text{O}$ связана с двумя углеводородными радикалами, относят к классу **кетонов**. Простейший из кетонов — *пропанон*, называемый нами в повседневной жизни *ацетоном*, — важнейший представитель этого класса соединений.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЦЕТОНА При обычных условиях ацетон — прозрачная жидкость с резким характерным запахом. Ацетон смешивается с водой в любых отношениях, является хорошим растворителем для многих органических веществ, которые в воде не растворяются.

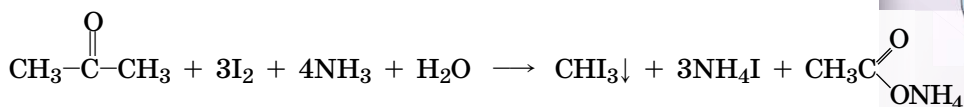
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЦЕТОНА Ацетон — легковоспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ). При горении ацетона образуются углекислый газ и вода:



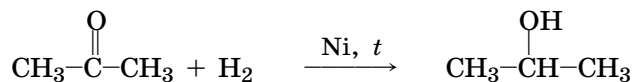
Если в воздухе содержится от 3 до 13 % ацетона (по объёму), может произойти взрыв даже от искры, возникшей далеко от открытого сосуда, поскольку ацетон легко испаряется, а его пары быстро перемещаются.

КАЧЕСТВЕННАЯ РЕАКЦИЯ НА КЕТОНЫ Все кетоны не взаимодействуют со свежеосаждённым гидроксидом меди(II) и не дают реакции серебряного зеркала. Поэтому ацетон нельзя обнаружить, используя реактивы на альдегиды. Качественной реакцией на ацетон служит иодоформная реакция.

К раствору, в котором, может быть, находится ацетон, добавляют равный объём раствора аммиака и несколько капель раствора иода. Если раствор действительно содержит ацетон, выпадает жёлтый осадок трийодметана (иодоформа), обладающий характерным запахом:



ВОССТАНОВЛЕНИЕ АЦЕТОНА В присутствии катализаторов ацетон присоединяет водород и превращается в пропанол-2.



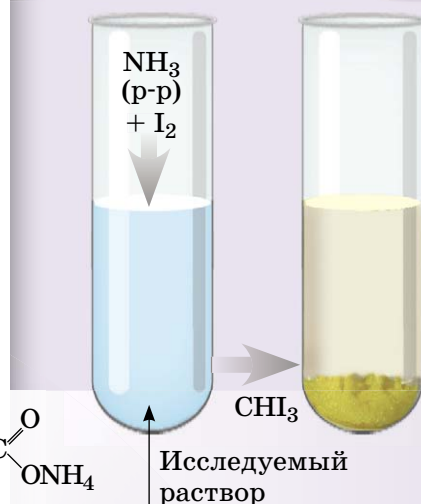
ПРИМЕНЕНИЕ АЦЕТОНА Ацетон — важнейший из кетонов — широко распространённый растворитель. Способность ацетона растворять многие вещества используется и в промышленности: в производстве лаков, взрывчатых веществ и лекарственных препаратов. В основном из ацетона получают формальдегид, который используют для производства органического стекла и других синтетических материалов.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ АЦЕТОНА При вдыхании паров ацетона ощущается головокружение. Затем появляется слабость, проявляющаяся, в частности, в шаткой походке. При приёме ацетона внутрь наблюдается тошнота и боли в животе. Попадая в кровь человека, часть ацетона проникает в клетки головного мозга, селезёнки, печени, поджелудочной железы, почек, лёгких и сердца. Длительное воздействие приводит к поражению центральной нервной системы, печени (гепатит) и почек.

Меры первой доврачебной помощи при отравлении ацетоном приведены в Приложении.



40 %-ный раствор метанала — формалин — вызывает денатурацию белков, его используют для протравливания семян, дубления кож и для сохранения биологических препаратов. Уксусный альдегид в больших количествах используется для производства уксусной кислоты. Альдегиды находят применение в качестве исходных при синтезе многих веществ, с которыми мы сталкиваемся практически ежедневно.



3.5. Качественная реакция на кетоны

Ацетон — постоянный компонент крови здорового человека, где его содержание составляет 1–2 мг на 100 мл крови. Увеличение содержания ацетона свидетельствует о нарушении обмена веществ в организме и может служить сигналом того, что человек болен сахарным диабетом.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Составьте уравнения химических реакций: горения ацетона; взаимодействия ацетона с водородом.
- Сравните известные вам свойства пропанала и ацетона.
- Сформулируйте правила безопасного использования ацетона в быту.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какие органические вещества относятся к классу кислот.
- Что функциональная группа может быть комбинацией двух более простых функциональных групп.
- Что многие свойства неорганических и органических кислот идентичны.

ВСПОМНИТЕ:

- Строение гидроксильной и карбоксильной групп.

3.6. Классификация карбоновых кислот по основности

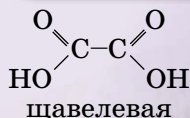
КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

по числу групп $-\text{COOH}$ в молекуле

Одноосновные

CH_3-COOH
уксусная

Двуосновные

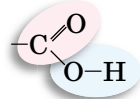


Муравьиная кислота содержится в едких выделениях муравьёв, пчёл, сосновой хвое, крапиве. Ожог крапивой — результат раздражающего действия муравьиной кислоты.

КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

В повседневной жизни мы встречаемся с карбоновыми кислотами на каждом шагу, даже не подозревая, что эти вещества — кислоты.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ГРУППА КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ Записав структурную формулу функциональной группы карбоновых кислот, мы обнаружим в ней уже знакомые фрагменты. Взаимодействие функциональных групп приводит к образованию системы, свойства которой отличны от свойств отдельно взятых компонентов.



Карбоновые кислоты — органические вещества, молекулы которых содержат одну или несколько *карбоксильных групп* $-\text{COOH}$, связанных с углеводородным радикалом.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЕДЕЛЬНЫХ ОДНОАТОМНЫХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Низшие карбоновые кислоты хорошо растворяются в воде, но с увеличением углеводородного радикала растворимость уменьшается и высшие карбоновые кислоты в воде не растворяются.

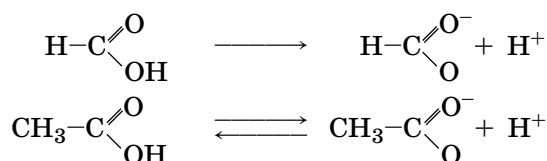
НОМЕНКЛАТУРА КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Для большинства карбоновых кислот до сих пор употребляются тривиальные названия, хотя IUPAC разработаны правила составления названий веществ этого класса:

Формула кислоты	Название кислоты	
	тривиальное	IUPAC
$\text{H}-\text{COOH}$	Муравьиная	Метановая
CH_3-COOH	Уксусная	Этановая
$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{COOH}$	Пропионовая	Пропановая
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{COOH}$	Масляная	Бутановая
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{COOH}$	Валериановая	Пентановая
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{COOH}$	Капроновая	Гексановая

ДИССОЦИАЦИЯ КИСЛОТ

Карбоновые кислоты — слабые электролиты. Муравьиная кислота диссоциирует легче, чем уксусная:

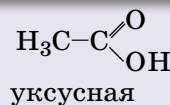


Углеводородный радикал уменьшает силу карбоновых кислот.

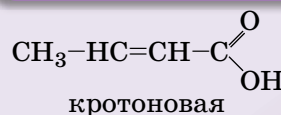
3.7. Классификация карбоновых кислот по природе углеводородного радикала

КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

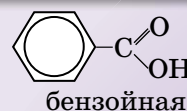
Предельные (насыщенные)



Непредельные (ненасыщенные)



Ароматические



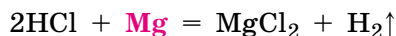
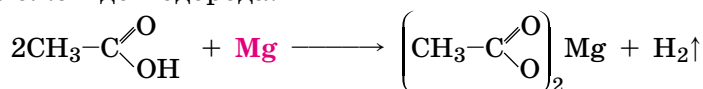
Обычное хозяйственное мыло представляет собой стеарат натрия, содержащий примеси, которые попали в него из исходных веществ. Замена ионов натрия ионами калия даёт жидкое мыло.

ЗАДАНИЯ:

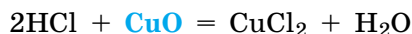
Сопоставьте химические свойства муравьиной и соляной кислот. Запишите уравнения соответствующих химических реакций в молекулярной и ионной форме.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КИСЛОТ С МЕТАЛЛАМИ, ИХ ОКСИДАМИ И ГИДРОКСИДАМИ, СОЛЯМИ Карбоновые кислоты, как и минеральные, взаимодействуют:

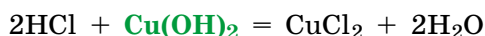
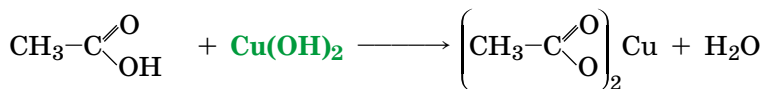
с металлами, если металл в ряду активности расположен до водорода:



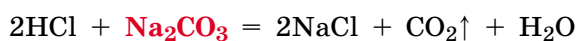
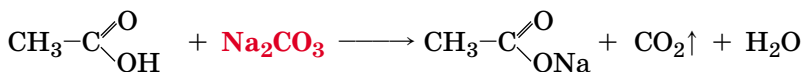
с оксидами металлов:



с гидроксидами металлов:

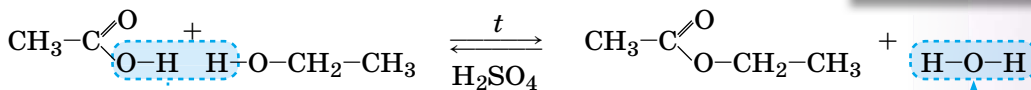


с солями:

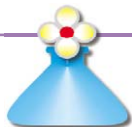


Общие свойства карбоновых кислот обусловлены наличием ионов водорода в их растворах.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КИСЛОТ СО СПИРТАМИ Карбоновые кислоты вступают в химическое взаимодействие со спиртами:



В ходе взаимодействия кислоты со спиртом от молекулы кислоты отщепляется гидроксильная группа, а от молекулы спирта — водород.



Если приготавливать квашеную капусту или солёные огурцы в алюминиевой посуде, то карбоновая кислота, образующаяся в больших количествах в ходе этих процессов, вступит в химическую реакцию с алюминием. В результате образуется растворимая в воде соль алюминия. Ионы алюминия ядовиты для человека, и такой квашеной капустой или такими солёными огурцами можно отравиться.



ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Новые свойства спиртов и кислот.
- Чем пахнут ананас и жасмин.
- Химическую природу жиров.
- Свойства жиров.

ВСПОМНИТЕ:

- Химические свойства спиртов.
- Химические свойства минеральных и карбоновых кислот.

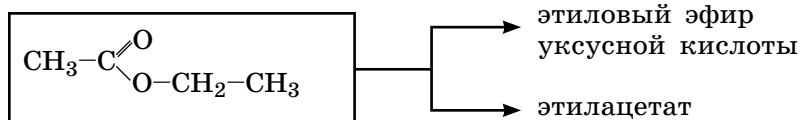
Сложные эфиры можно получить при взаимодействии карбоновых кислот со спиртами. Взаимодействие спиртов с кислотами называют реакцией этерификации. Чтобы в результате взаимодействия кислоты со спиртом образовался сложный эфир, в реакцию смесь добавляют серную кислоту. Реакцию проводят при нагревании.

СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ И ЖИРЫ

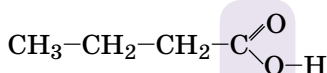
Среди производных карбоновых кислот большое практическое значение имеют сложные эфиры, свойствам которых посвящён этот параграф.

НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЯ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ Сложные эфиры называют разными способами. Чаще всего в разговорной речи указывают названия спирта и кислоты с добавлением слова «эфир».

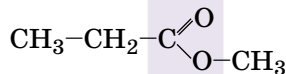
По правилам IUPAC дают название углеводородному радикалу, который соответствует спирту, и добавляют корень латинского названия кислоты с суффиксом *-ат*:



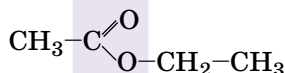
Этилацетат имеет состав $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$. Такой же качественный и количественный состав имеют и другие вещества:



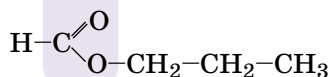
масляная кислота,
или бутановая
кислота



метиловый эфир
пропионовой
кислоты, или
метилпропионат



этиловый эфир
уксусной кислоты,
или этилацетат



пропиловый эфир
муравьиной кислоты,
или пропилформиат

**3.8. Температуры кипения некоторых сложных эфиров**

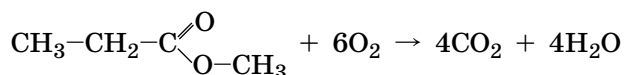
Название	Температура кипения, °C
Этилформиат	54,3
Амилформиат	86
Этилацетат	77,1
Изоамилацетат	142



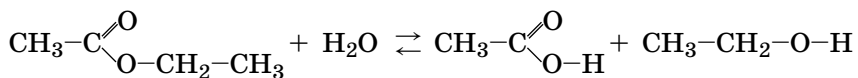
Простейшие сложные эфиры — легко воспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ): температура вспышки для этилацетата составляет всего -5°C . Смесь паров сложного эфира с воздухом взрывоопасна.

СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ Сложные эфиры низших карбоновых кислот — летучие жидкости или твёрдые вещества, обладающие приятным запахом, плохо растворяющиеся в воде. Сложные эфиры высших спиртов и карбоновых кислот — твёрдые вещества, похожие на

воск. Сложные эфиры легко загораются на воздухе и сгорают с образованием углекислого газа и воды:

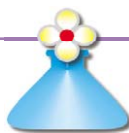


В присутствии кислоты сложные эфиры взаимодействуют с водой, превращаясь в карбоновые кислоты и спирты:



Сложные эфиры также могут взаимодействовать с карбоновыми кислотами и со спиртами. В результате этих реакций образуются новые сложные эфиры, которые отличаются от исходных или остатком карбоновой кислоты, или остатком спирта.

Так, если на этилацетат подействовать метанолом, образуются метилацетат и этанол, а при действии на тот же эфир муравьиной кислотой — этилформиат и уксусная кислота. Реакции переэтерификации обратимы, так же как и реакции этерификации.



Запах многих плодов, ягод и цветов обусловлен наличием сложных эфиров.

Природный объект	Сложный эфир, обуславливающий запах
	$\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--C}\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O--CH}_2\text{--CH}_3 \end{array}$
	$\text{CH}_3\text{--C}\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O--CH}_2\text{--} \end{array} \text{C}_6\text{H}_5$
	$\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}\begin{array}{l} \text{C}=\text{O} \\ \parallel \\ \text{O--CH}_2\text{--CH}_3 \end{array} \text{CH}_3$
	$\text{H--C}\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O--CH}_2\text{--} \end{array} \text{CH}\begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \parallel \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Сложные эфиры могут образовывать и неорганические кислоты. Так, эфир азотистой кислоты и изоамилового спирта применяется как противоядие при отравлении синильной кислотой и её производными.

ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ

В производстве лекарственных препаратов



В производстве фруктовых вод и кондитерских изделий

В производстве духов и косметических средств

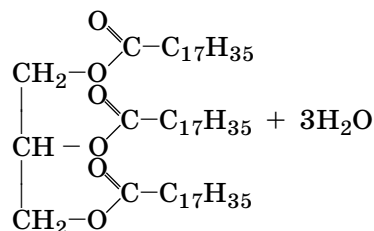
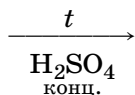
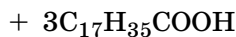
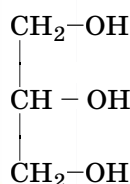
В качестве растворителей для лаков и красок



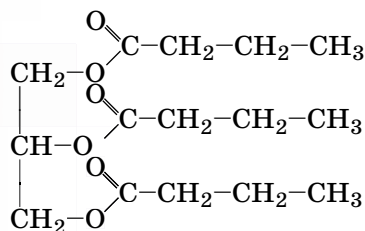
В производстве пластмасс



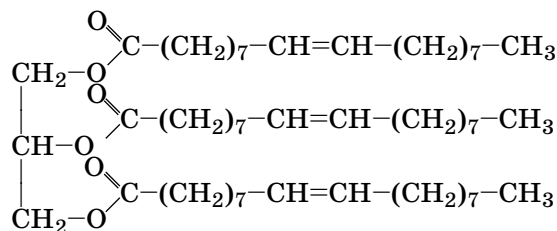
Жиры получают из растительного и животного сырья. Обнаружена закономерность: растительные жиры в большинстве случаев при обычных условиях являются жидкостями, а животные жиры — твёрдыми веществами. Из этого общего правила есть исключения. Например, твёрдое масло какао-бобов — растительного происхождения, а животный жир, получаемый из печени трески, — жидкость.



СТРОЕНИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИРОВ Установлено, что твёрдые жиры образованы предельными карбоновыми кислотами, а жидкие жиры, или масла, — непредельными.



КОМПОНЕНТ
сливочного масла



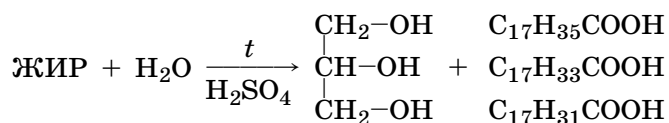
КОМПОНЕНТ
оливкового масла

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИРОВ Как и все органические вещества, жиры горят с образованием углекислого газа и воды. На воздухе при горении жиров образуется много копоти, так как объёмная доля кислорода в воздухе невелика и кислорода не хватает для полного окисления углерода. Значительная часть его окисляется до простого вещества — сажи.

Как сложные эфиры, жиры подвергаются гидролизу, т.е. вступают в химическую реакцию с водой. Гидролиз жиров протекает в присутствии катализаторов — кислоты или щёлочи в лабораториях и про-

ЖИРЫ Сложные эфиры, образованные глицерином и высшими карбоновыми кислотами, называют **жирами**. Человек использует жиры на протяжении всей своей истории, но изучение строения и свойств жиров началось лишь в начале XIX века.

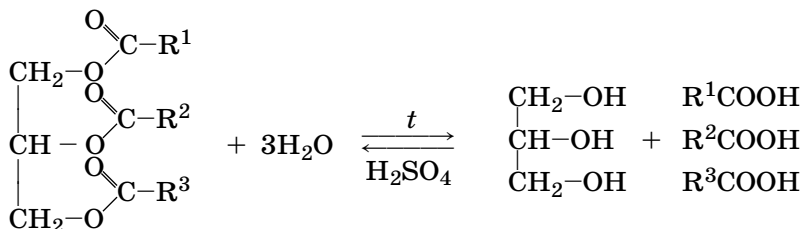
СОСТАВ ЖИРОВ Французские химики М. Шеврёль и А. Браконно провели анализ жиров и установили, что они образованы в основном глицерином и тремя высшими карбоновыми кислотами: стеариновой, олеиновой и пальмитиновой:



Состав жиров был подтверждён синтезом жироподобного вещества, осуществлённым также французским химиком М. Бертло:

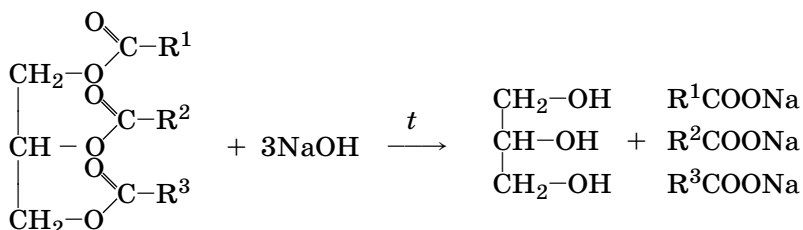
мышленных установках и ферментов в живых организмах.

В результате кислотного гидролиза жиров образуется глицерин и смесь высших карбоновых кислот:



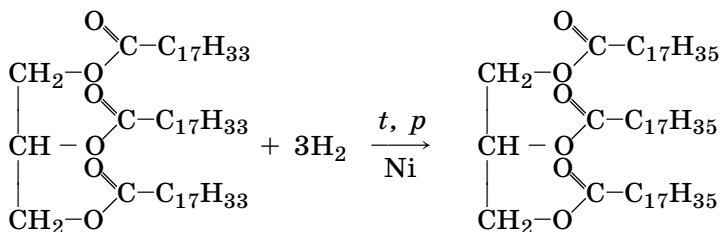
где R^1 , R^2 и R^3 — углеводородные радикалы разных карбоновых кислот.

Если используется щёлочь, то вместо карбоновых кислот образуются их соли:

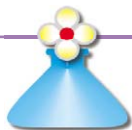


С учётом того, что соли высших карбоновых кислот — мыла, становится понятным второе название щелочного гидролиза — **омыление жиров**. Именно эта химическая реакция лежит в основе получения мыла.

Жидкие жиры легко превращаются в твёрдые при пропускании через них водорода под большим давлением и в присутствии катализатора (обычно мелкодробленного никеля):



Твёрдый жир, полученный в результате присоединения водорода к маслу, служит основой для производства маргарина.



Жиры в живых организмах выполняют функции, с которыми вы познакомились на уроках биологии. Обратим внимание на энергетическую функцию жиров. Энергия в организме запасается в жирах и крахмале. Установлено, что у нормально сложенного человека массой 70 кг в организме содержится порядка 11 кг триглицеридов. В них заключён такой запас энергии, который соответствует 55 кг крахмала.



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение растворимости растительного масла.

«ПОМОЩНИК»

● Проверьте, как растворяется растительное масло в разных растворителях: в воде, этаноле, бензине.

● Нанесите по одной капле полученных растворов на фильтровальную бумагу и дождитесь испарения растворителя. Запишите наблюдения.



ЗАДАНИЯ:

- Назовите сложные эфиры, формулы которых приведены в рубрике «Химия и жизнь».
- Составьте рассказ о том, как строение жиров связано с их свойствами и областями применения.
- Попробуйте объяснить, почему в последнее время отказываются от получения мыла из жиров.

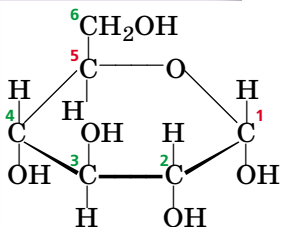
ВЫ УЗНАЕТЕ:

● Свойства глюкозы и сахарозы.

ВСПОМНИТЕ:

● Химические свойства спиртов и альдегидов.

3.9.
Структурная
формула
молекулы
глюкозы

**3.10. Классификация углеводов**

1. По числу атомов
углерода в молекулах

УГЛЕВОДЫ

ПЕНТОЗЫ
рибоза, ксилоза

ГЕКСОЗЫ
фруктоза, глюкоза

2. По числу
углеводных остатков

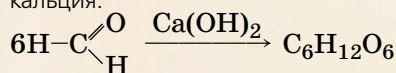
УГЛЕВОДЫ

МОНОСАХАРИДЫ
рибоза, фруктоза

ДИСАХАРИДЫ
сахароза, лактоза

ПОЛИСАХАРИДЫ
крахмал, целлюлоза

В 1861 г. русский химик А.М. Бутлеров впервые осуществил синтез простейших углеводов из формальдегида в присутствии гидроксида кальция.

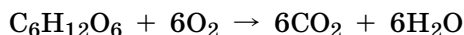
**ГЛЮКОЗА И САХАРОЗА**

Глюкоза — это один из простейших по строению углеводов, имеющих огромное значение для жизнедеятельности организмов. Наличие в молекуле глюкозы пяти гидроксильных и одной альдегидной группы приводит к появлению новых химических свойств.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛЮКОЗЫ Глюкоза — твёрдое бесцветное кристаллическое вещество. Глюкоза очень хорошо растворяется в воде, образуя прозрачный сладкий раствор.

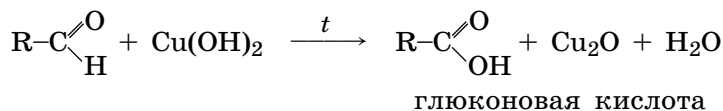
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛЮКОЗЫ Химические свойства глюкозы можно разделить на три группы: свойства многоатомного спирта, свойства альдегида и особые свойства, не присущие ни спиртам, ни альдегидам.

1. Горение. Компактную глюкозу поджечь очень трудно, но взвесь пыли глюкозы в воздухе взрывоопасна:

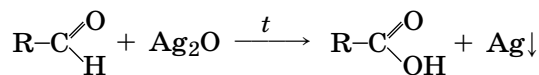


2. Растворение свежееосаждённого гидроксида меди(II) — свойство многоатомного спирта. При добавлении раствора глюкозы к свежееосаждённому гидроксиду меди(II) осадок растворяется с образованием ярко-синего раствора.

3. Восстановление свежееосаждённого гидроксида меди(II) — свойство альдегида:



4. Свойства альдегида глюкоза проявляет и во взаимодействии с аммиачным раствором оксида серебра. Упрощённо схему реакции серебряного зеркала можно записать так:



5. Брожение глюкозы. Под действием ферментов глюкоза подвергается брожению. В зависимости от фермента, вызывающего брожение глюкозы, образуются разные вещества.

Источник фермента	Уравнение химической реакции
Дрожжи (грибок) <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2\uparrow$
Бактерии <i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Lactococcus lactis</i> <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$

САХАРОЗА — один из немногих углеводов, с которым мы знакомы очень хорошо. Это вещество в повседневной жизни мы называем сахаром.

СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ САХАРОЗЫ Сахароза относится к дисахаридам, поскольку её молекула образована остатками двух простых углеводов — глюкозы и фруктозы.

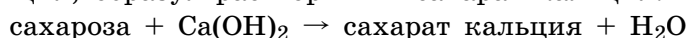
ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА С внешним видом и растворимостью сахарозы вы хорошо знакомы. Сахароза содержится практически во всех растениях, особенно велико её содержание в сахарной свёкле и сахарном тростнике.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Сахароза не восстанавливает свежесажжённый гидроксид меди(II) и не даёт реакцию серебряного зеркала.

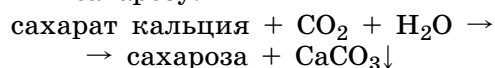
При кипячении раствора сахарозы с добавлением небольшого количества серной кислоты происходит гидролиз: под действием ионов водорода разрывается связь между остатками глюкозы и фруктозы, и по месту разрыва связи присоединяются фрагменты молекул воды. В результате образуются молекулы глюкозы и фруктозы.

В полученном растворе 50 % растворённого вещества приходится на глюкозу, которая обладает восстановительными свойствами. Следовательно, весь раствор также будет восстановителем.

Раствор сахарозы взаимодействует с гидроксидом кальция, образуя растворимый сахарат кальция:

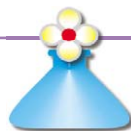


Из сахарата кальция легко снова получить сахарозу:



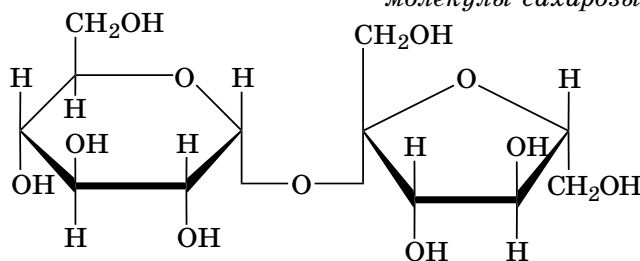
Эти свойства сахарозы и сахарата кальция используются в промышленности при получении сахара из сахарной свёклы.

3.12. Источники углеводов



В организме человека и животных глюкоза — основной и наиболее универсальный источник энергии для обеспечения метаболических процессов. С кровью глюкоза разносится к органам и тканям, её избыток в печени превращается в гликоген. Уровень глюкозы в крови контролируется гормонами поджелудочной железы и надпочечников.

3.11. Структурная формула молекулы сахарозы



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование химических свойств глюкозы и сахарозы.

«ПОМОЩНИК»

● Испытайте действие раствора глюкозы на свежесажжённый гидроксид меди(II) при разных условиях.

● Опытным путём докажете, что:
а) сахароза — многоатомный спирт;
б) сахароза не является восстановителем.

● К раствору сахарозы добавляйте по каплям известковое молоко, встряхивая пробирку после добавления каждой капли. Запишите наблюдения в тетрадь и объясните их.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какими химическими свойствами обладает глюкоза? Приведите уравнения химических реакций.
- Опишите химические свойства сахара.
- На каких химических реакциях основано промышленное получение сахара?

ВЫ УЗНАЕТЕ:

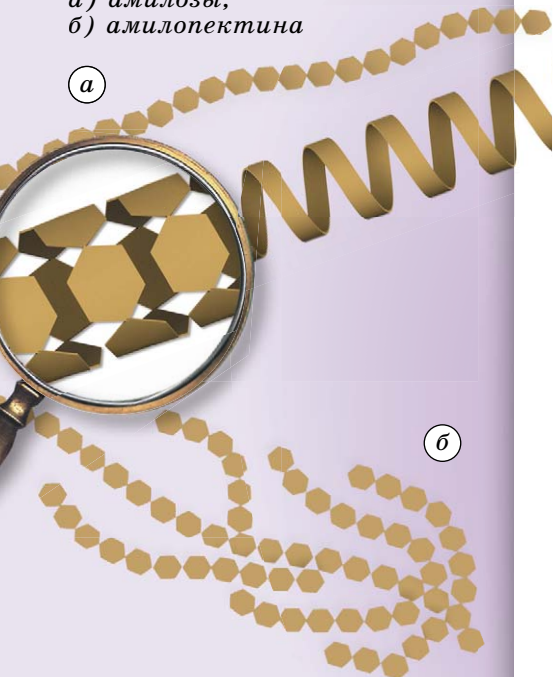
- Что крахмал — полимер глюкозы.
- Какие существуют разновидности крахмала.
- Свойства крахмала и их использование человеком.

ВСПОМНИТЕ:

- Что вам известно о крахмале из курсов окружающего мира и биологии?
- Какие вещества называют полимерами?

3.13. Схемы строения молекул:

- а) амилозы;
б) амилопектина

**МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ****Свойства крахмала.****«ПОМОЩНИК»**

- Проверьте, что происходит с крахмальным клейстером: а) при добавлении к нему иодной воды; б) при нагревании и охлаждении полученного раствора.

КРАХМАЛ И ЦЕЛЛЮЛОЗА

Крахмал — один из важнейших полисахаридов, постоянно используемых человеком в повседневной жизни. Искключительная роль крахмала в жизнедеятельности требует особого внимания к свойствам этого вещества.

СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ КРАХМАЛА Анализ крахмала показывает, что молекулы этого вещества образованы остатками глюкозы, которые могут соединяться друг с другом разными способами.



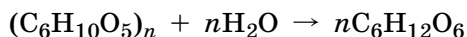
Разновидность крахмала с линейными молекулами называется амилозой (греч. *άμυλο* — крахмал).

Разновидность крахмала с разветвлёнными молекулами называется амилопектином (греч. *άμυλο* — крахмал и *πηκτός* — застывший).

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРАХМАЛА Крахмал представляет собой очень тонкий порошок белого цвета, который внешне очень похож на пшеничную муку. При растирании крахмала между пальцами слышен характерный скрип.

Растворимость крахмала в воде зависит от строения молекул. Амилоза с линейными молекулами растворима в воде, а разветвлённый амилопектин нет. Поскольку крахмал представляет собой смесь, состоящую приблизительно на $\frac{1}{3}$ из амилозы и на $\frac{2}{3}$ из амилопектина, при его растворении в горячей воде образуется раствор особого типа — коллоидный раствор (греч. *κόλλας* — клей).

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРАХМАЛА Крахмал легко гидролизуется при нагревании в присутствии минеральных кислот:



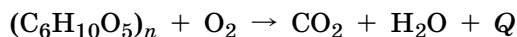
В живых организмах гидролиз крахмала протекает при обычных условиях под действием ферментов. Так, превращение крахмала в глюкозу начинается уже в ротовой полости. В состав слюны входит фермент амилаза, который катализирует гидролиз только амилозы, а амилопектин при этом не взаимодействует с водой. Его гидролиз происходит в более жёстких условиях желудочно-кишечного тракта.

В известной вам качественной реакции на крахмал с использованием раствора иода участие принимают в основном линейные молекулы крахмала. Иод образует с амилозой так называемые соединения включения, в которых молекулы иода находятся в канале спиральной молекулы крахмала. При нагревании полученного тёмно-синего, почти чёрного раствора характерная окраска исчезает, а при охлаждении появляется вновь.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ Целлюлоза — белое твёрдое вещество, не обладающее ни запахом, ни вкусом.

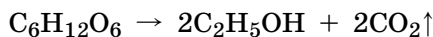
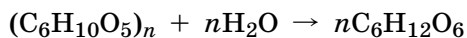
Вы знаете, что линейная форма крахмала — амилоза хорошо растворяется в воде. Можно предположить, что и целлюлоза, похожая на амилозу строением своих молекул, тоже должна хорошо растворяться в воде. Однако ни хлопковая вата, содержание целлюлозы в которой достигает 98 %, ни древесина (почти 50 % целлюлозы) в воде не растворяются. Объясняется это тем, что между макромолекулами целлюлозы образуются многочисленные водородные связи, настолько прочно удерживающие макромолекулы друг возле друга, что молекулы воды не в состоянии разделить их.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ Способность целлюлозы вступать в химическую реакцию с кислородом известна человечеству с незапамятных времён и используется им в качестве источника тепла:

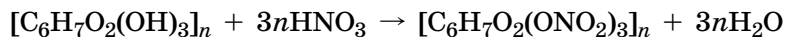


При нагревании без доступа воздуха целлюлоза обугливается. Это свойство используется при получении древесного угля.

Как и крахмал, целлюлоза взаимодействует с водой в присутствии серной кислоты как катализатора. Конечным продуктом гидролиза целлюлозы является глюкоза, которую затем используют для получения этанола (так называемый гидролизный спирт):



Целлюлоза — многоатомный спирт, она вступает в реакцию с минеральными и карбоновыми кислотами. Взаимодействие целлюлозы с азотной кислотой приводит к образованию сложного эфира, известного под названиями «тринитроцеллюлоза», «тринитрат целлюлозы» или «пироксилин»



Из сложных эфиров целлюлозы и карбоновых кислот наибольшее значение имеют ацетаты целлюлозы, получение и свойства которых будут рассмотрены в главе VII.

Под действием гидроксида натрия и сероуглерода целлюлоза растворяется с образованием вязкого раствора *вискозы* (франц. *viscosité* — вязкость). Из вискозы можно вновь получить целлюлозу действием раствора кислоты. Если вискозу продавливать в кислоту через узкие щели, то целлюлоза получается в виде прозрачной плёнки — *целлофана*.

Целлофан — полимер, образованный остатками глюкозы, т.е. целлюлоза.

Целлюлоза — главный компонент клеточных стенок растений, отсюда её название (лат. *cellula* — клетка).



Сложный эфир целлюлозы и азотной кислоты стал основой для создания первой пластмассы — целлулоида, который представляет собой смесь нитроцеллюлозы с красителями и наполнителями. Из целлулоида изготавливали детские игрушки, фото- и киноплёнку. Целлулоид обладает серьёзным недостатком — огнеопасностью. Это привело к отказу от использования целлулоида в быту при появлении новых, менее опасных полимерных материалов.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Как вы можете объяснить различия в свойствах крахмала и целлюлозы?
- Опишите химические свойства целлюлозы.
- Почему нельзя называть полиэтиленовые пакеты целлофановыми?

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- В каких областях деятельности человека находят применение гидроксильные производные углеводов.
- Каковы меры первой помощи при отравлении спиртами и фенолами.

ВСПОМНИТЕ:

- Какими химическими свойствами обладают изученные представители разных классов углеводов?

Добавка метанола к бензину повышает октановое число горючей смеси, он рассматривается как перспективный заменитель моторных топлив.



О вредном действии спиртных напитков на организм науке известно уже давно. В постановлении съезда русских врачей (1915) говорилось, что у человека нет ни одного органа, на который не оказывал бы разрушительного действия алкоголь. Результатом поражения клеток головного мозга у постоянно пьющих людей могут быть судорожные припадки — алкогольная эпилепсия. В запущенных случаях возникает острое психическое заболевание — белая горячка.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОКСИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ УГЛЕВОДОДОВ

Области применения веществ определяются их свойствами. Большинство гидроксильных соединений ядовито, использовать их в повседневной жизни следует с осторожностью. Главное — знать, чем грозит человеку то или иное вещество, в чём проявляются признаки отравления, как оказать первую доврачебную помощь.

МЕТАНОЛ, МЕТИЛОВЫЙ СПИРТ, ДРЕВЕСНЫЙ СПИРТ

Метанол представляет собой очень ядовитое вещество, работа с ним в лабораториях и промышленности ведётся под строгим контролем. Его применяют в промышленности в качестве растворителя красок и лаков, но в основном из него получают формальдегид, который используют в производстве синтетических материалов. По цвету и запаху метанол очень похож на этиловый спирт. Это сходство является причиной тяжёлых отравлений, приводящих к летальному исходу.

Признаки отравления метанолом: тошнота, рвота, судороги, ослабление зрения (вплоть до слепоты), сердцебиение.

Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» промыть пострадавшему желудок 1–1,5 л воды, в которой растворена 1 чайная ложка гидрокарбоната натрия, и дать активированный уголь.

ЭТАНОЛ, ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ, ВИННЫЙ СПИРТ, МЕДИЦИНСКИЙ СПИРТ, СПИРТ-РЕКТИФИКАТ

С этанолом в повседневной жизни мы встречаемся в разных случаях: как с растворителем ароматических веществ (духи) и растительного сырья (некоторые лекарственные настойки), как с основой спиртных напитков. Он входит в целый ряд продуктов, которые мы не относим к спиртным напиткам: кефир, квас, кумыс. Если на упаковке какого-либо продукта питания указана пищевая добавка E1510, то это означает, что в состав этого продукта входит этанол.

Признаки отравления этанолом: тошнота, слабость, нарушение дыхания, потеря сознания.

Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» промыть пострадавшему желудок 1–1,5 л воды, в которой растворена 1 чайная ложка гидрокарбоната натрия, и дать активированный уголь.

ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ Этандиол-1,2 является основным компонентом *антифризов* (англ. *to freeze* — замерзать) — жидкостей, замерзающих при низких температурах.

Раствор, состоящий на 60 % из этиленгликоля и 40 % воды, замерзает при -45°C . Его можно обнаружить в автономных системах отопления домов, системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания.



Признаки отравления этиленгликолем: тошнота, боль в животе, при тяжёлых отравлениях судороги.

Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» промыть желудок взвесью в воде порошка активированного угля или полипефама.

ГЛИЦЕРИН С глицерином мы встречаемся, когда видим на упаковках пищевых продуктов обозначение E422. Его используют в хлебопечении для увеличения объёма хлеба, в производстве кондитерских изделий, например для того чтобы шоколад не «проседал». В состав многих косметических средств также входит глицерин.

Симптомы отравления глицерином и меры первой доврачебной помощи такие же, как при отравлении этиленгликолем.

ФЕНОЛ Он входит в состав стоматологического препарата, предназначенного для лечения стоматита, пародонтита и гингивита. Его действие основано на противомикробном и фунгицидном действии фенола. Раствор фенола используют в медицине как обезболивающее и антисептическое средство.



Признаки отравления фенолом

● При отравлении через рот — резкая боль в горле и желудке, головокружение, слабость, рвота, расстройство дыхания, ослабление сердечной деятельности, судороги.

Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» промыть желудок. **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ** использование масла, жиров, молока и спиртосодержащих продуктов!

● При отравлении парами фенола — слабость, головная боль, головокружение, раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» вывести пострадавшего на свежий воздух.

● При попадании на кожу (отравление через неповреждённые кожные покровы) — побеление кожи, покалывание и онемение повреждённого участка, сморщивание кожи, образование пузырей.

Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» тщательно протереть поражённое место водкой, растительным маслом.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

● Составьте краткую памятку-инструкцию по доврачебной помощи при отравлении гидроксильными производными углеводов.

● Пользуясь химическими и медицинскими сайтами (но не Википедией!), соберите дополнительную информацию о механизмах воздействия спиртов и фенолов на организм человека.

ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

- Функциональная группа — характерная группировка атомов, определяющая в первую очередь химические свойства соответствующего класса соединений.
- Кислородсодержащие органические вещества, как правило, легко воспламеняются и сгорают с образованием углекислого газа и воды.
- Кислородсодержащие органические соединения связаны генетическими связями с углеводородами и друг с другом. В генетических связях проявляются химические свойства веществ.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Пользуясь знанием генетических связей углеводородов и кислородсодержащих органических соединений, составьте уравнения как можно большего числа химических реакций. В качестве исходного вещества возьмите:
 - любой алкан;
 - любой предельный одноатомный спирт.



Глава IV

АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

- АМИНЫ
- АМИНОКИСЛОТЫ
- ПОЛИПЕПТИДЫ И БЕЛКИ
- НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

«Я должен Вам заметить, что могу делать мочевины, не нуждаясь при этом в почках и вообще в животном, будь то человек или собака».

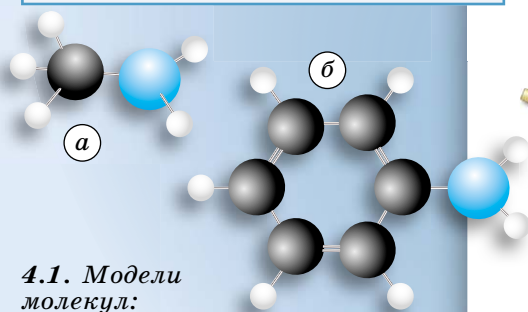
Немецкий химик Ф. Вёлер

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Две точки зрения на одно и то же вещество.
- Свойства аминов.
- Способы получения аминов.

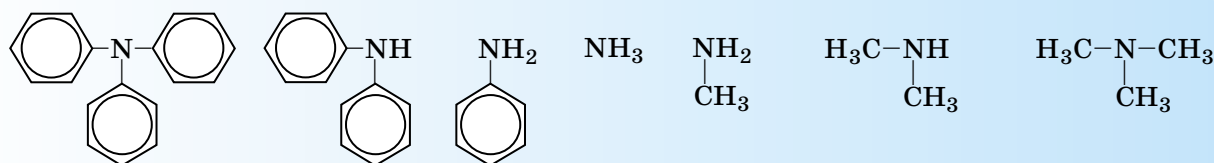
ВСПОМНИТЕ:

- Строение молекулы аммиака.



4.1. Модели молекул:

а) метиламина;
б) анилина

**АМИНЫ**

Простейшим органическим веществом, содержащим в молекуле атом азота, является **метиламин**, или **аминометан** — CH_3NH_2 , в молекуле которого есть функциональная группа $-\text{NH}_2$, называемая **аминогруппой**. Существуют соединения, в которых аминогруппа соединена с ароматическим радикалом. Наибольшее практическое значение среди ароматических аминов имеет **анилин** — бесцветная маслянистая жидкость, малорастворимая в воде и очень ядовитая.

СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ Амины можно рассматривать и как производные аммиака, и как производные углеводорода.

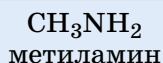
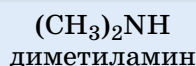
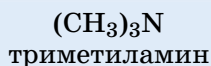


Амины — органические производные аммиака, в молекуле которого один или несколько атомов водорода замещены углеводородными радикалами.

Углеводородный радикал оказывает влияние на аминогруппу, изменяя её реакционную способность:

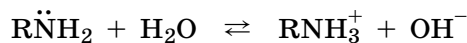
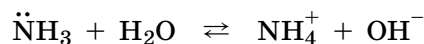
Величина отрицательного заряда на атоме азота возрастает
Сила оснований увеличивается

В зависимости от числа углеводородных радикалов, замещающих атомы водорода в молекуле аммиака, амины делятся на:

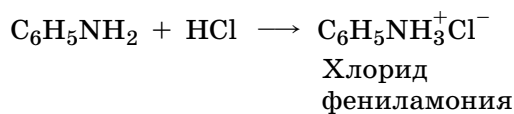
Первичные**Вторичные****Третичные**

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА По своим химическим свойствам алифатические амины напоминают аммиак.

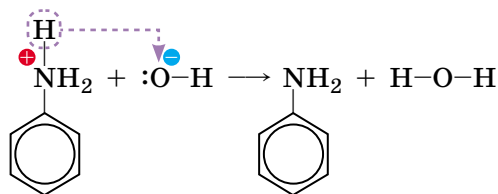
1. Взаимодействие с водой. Водные растворы аммиака и метиламина изменяют окраску индикаторов, поскольку содержат гидроксид-ионы. Анилин с водой практически не взаимодействует:



2. Взаимодействие с кислотами. Анилин вступает в химическую реакцию с кислотами, в растворах которых содержится большое количество ионов водорода:



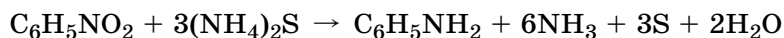
То, что анилин является слабым основанием, проявляется, в частности, во взаимодействии его солей со щелочами:



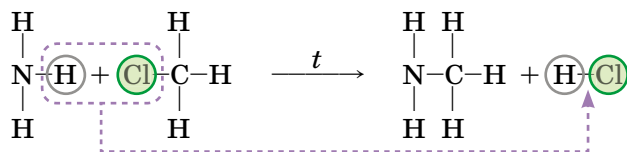
ПОЛУЧЕНИЕ АНИЛИНА В основе промышленного способа получения анилина лежит реакция восстановления нитробензола. Если условно обозначить восстановитель знаком [H], то схему этой химической реакции можно записать так:



Данный способ получения анилина известен в химии под названием *реакции Зинина*. В качестве восстановителя он использовал сульфид аммония:



Алифатические амины получают по реакции, открытой немецким химиком А.В. Гофманом:



Амины широко распространены в природе: метиламин найден в растении *Mercurialis perennis*. Анилин применяется для изготовления различных веществ и материалов, широко используемых в промышленности.



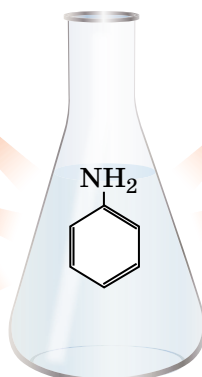
Лекарства



Пластмассы



Волокна



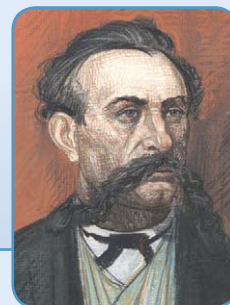
Красители



Взрывчатые вещества



Пестициды



Зинин

Николай Николаевич

1812–1880

Русский химик-органик. Первый президент Русского химического общества. Открыл реакцию восстановления нитробензола до анилина.

Название «анилин» (от португ. *anil* – синий) связано с первоначальным источником получения этого вещества – природным красителем ярко-синего цвета – индиго. На воздухе анилин быстро окисляется, приобретая красно-бурю окраску.



ЗАДАНИЯ:

- Сравните строение молекул метиламина, аммиака и анилина.
- Сопоставьте химические свойства метиламина, аммиака и анилина. Объясните сходство и различия в свойствах этих веществ.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Строение молекул аминокислот.
- Разные номенклатуры аминокислот.
- Основные химические свойства аминокислот.

ВСПОМНИТЕ:

- Строение карбоксильной группы и аминогруппы.
- Характерные свойства карбоновых кислот и аминов.

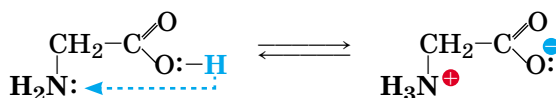
«Аминокислоты, как правило, имеют исторические названия — по источнику, из которого они впервые были выделены. Например, аспаргин обнаружили в 1806 г. в соке спаргуса (спаржи), а глутаминовую (от лат. *gluten* — клей) кислоту — в клейковине пшеницы. При изучении молочного белка казеина был открыт тирозин (от греч. «*тирос*» — сыр). Аргинин (от лат. *argentum* — серебро) был впервые получен в виде соли серебра. Глицин назван так за сладкий вкус (от греч. «*гликис*» — сладкий).

Энциклопедия для детей.
Химия

АМИНОКИСЛОТЫ

Среди азотсодержащих органических соединений особое внимание следует уделить веществам, свойства которых определяются двумя функциональными группами: аминогруппой и карбоксильной группой.

СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ АМИНОКИСЛОТ Рассмотрим строение молекулы простейшей аминокислоты — аминокислоты (аминоуксусной). Атом водорода в карбоксильной группе очень подвижен и легко отщепляется от молекулы аминокислоты. В этой же молекуле есть атом азота с неподелённой электронной парой, к которой присоединяется ион водорода, отщепившийся от карбоксильной группы:



Аминокислоты — внутренние соли, биополярные ионы.

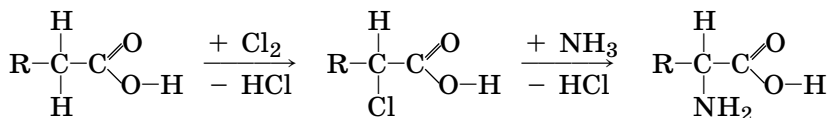
Записывать формулы аминокислот в виде биполярных ионов не всегда удобно, поэтому в уравнениях химических реакций пользуются упрощённой записью, неточно отражающей строение молекул аминокислот.

НОМЕНКЛАТУРА АМИНОКИСЛОТ При составлении названий аминокислот используют несколько разных номенклатур:

Формула	Названия кислоты
$\begin{array}{ccccccc} \epsilon & \delta & \gamma & \beta & \alpha & & \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C} & \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} \\ & & & & & & \\ \text{NH}_2 & & & & & & \end{array}$	α-аминокапроновая 2-аминогексановая
$\begin{array}{ccccccc} \epsilon & \delta & \gamma & \beta & \alpha & & \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C} & \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} \\ & & & & & & \\ \text{NH}_2 & & & & & & \end{array}$	β-аминокапроновая 3-аминогексановая
$\begin{array}{ccccccc} \epsilon & \delta & \gamma & \beta & \alpha & & \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} & \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} \\ & & & & & & \\ \text{NH}_2 & & & & & & \end{array}$	γ-аминокапроновая 4-аминогексановая
$\begin{array}{ccccccc} \epsilon & \delta & \gamma & \beta & \alpha & & \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} & \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} \\ & & & & & & \\ \text{NH}_2 & & & & & & \end{array}$	δ-аминокапроновая 5-аминогексановая
$\begin{array}{ccccccc} \epsilon & \delta & \gamma & \beta & \alpha & & \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} & \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} \\ & & & & & & \\ \text{NH}_2 & & & & & & \end{array}$	ε-аминокапроновая 6-аминогексановая



ПОЛУЧЕНИЕ АМИНОКИСЛОТ Аминокислоты можно получить из соответствующих карбоновых кислот в две стадии по схеме:

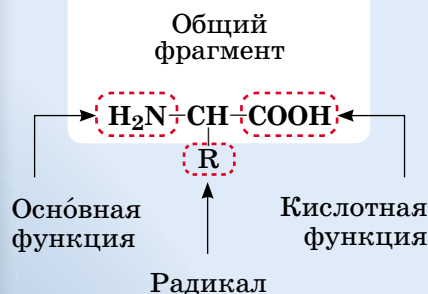


ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ Аминокислоты — бесцветные кристаллические вещества. Они растворяются в воде, некоторые из них имеют сладкий вкус.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Аминокислотам присущи свойства и карбоновых кислот (например, взаимодействие со щелочами), и аминов (например, взаимодействие с кислотами). Таким образом, аминокислоты можно назвать *амфотерными органическими соединениями*, но природа их амфотерности отличается от природы амфотерных гидроксидов металлов.

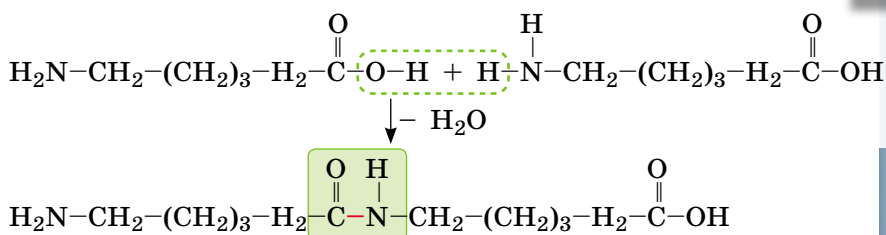
Растворы многих аминокислот не изменяют окраску индикатора, что объясняется образованием внутренних солей. Если же аминокислота содержит несколько аминогрупп, то её раствор будет щелочным. Известны двухосновные аминокислоты, растворы которых кислые.

4.2. Функциональные группы аминокислот, определяющие их свойства



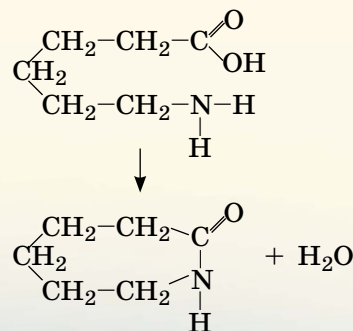
Кислая или щелочная реакция среды в растворах аминокислот определяется соотношением числа аминогрупп и карбоксильных групп.

Важной особенностью аминокислот является их способность взаимодействовать друг с другом. Упрощённая схема взаимодействия приведена для ε-аминокапроновой кислоты.



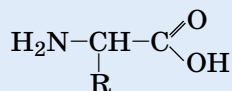
Группу атомов $\begin{array}{c} \text{O} \text{ H} \\ // \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$ называют **амидной группой**. Связь между атомами углерода и азота в этой группе — **амидная**.

Чтобы две ε-аминокапроновые кислоты соединились в одну молекулу, необходимо последовательно провести несколько химических реакций, так как карбоксильная группа вступает во взаимодействие с аминогруппой той же молекулы:



α-АМИНОКИСЛОТЫ Из всего многообразия аминокислот наиболее важными для жизни являются α-аминокислоты — своеобразные кирпичики, из которых построены белковые молекулы.

ОБЩАЯ
ФОРМУЛА
 α -АМИНОКИСЛОТ



Радикалы α -аминокислот могут быть предельными (глицин, валин), ароматическими (фенилаланин), гетероциклическими (триптофан). В состав радикалов могут входить и другие функциональные группы: гидроксильная (треонин), меркаптогруппа (метионин).



4.3. Аланин



4.4. Фенилаланин

НОМЕНКЛАТУРА Для α -аминокислот часто используются тривиальные названия, особенно в биологии и медицине.

Формула радикала	Название кислоты		
	полное	сокращённое (рус., лат.)	
$-\text{H}$	Глицин	Гли	Gly
$-\text{CH}_3$	Аланин	Ала	Ala
$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Валин	Вал	Val
$-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5$	Фенилаланин	Фен	Phe
$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	Лизин	Лиз	Lys
$-\text{CH}_2-\text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2$	Триптофан	Три	Trp
$\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Треонин	Тре	Thr
$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_3$	Метионин	Мет	Met
$-\text{CH}_3-\text{OH}$	Серин	Сер	Ser
$-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$	Тирозин	Тир	Tyr

КЛАССИФИКАЦИЯ α -АМИНОКИСЛОТ В зависимости от того, может ли организм человека синтезировать α -аминокислоты, их делят на две большие группы.



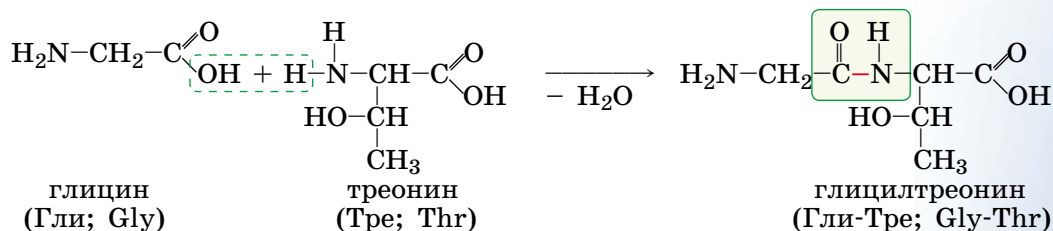
Незаменимые α -аминокислоты не синтезируются организмом человека и поступают в него только с белковой пищей.

Заменимые α -аминокислоты синтезируются в организме здорового человека.

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ α -АМИНОКИСЛОТ Как и другие аминокислоты, α -аминокислоты реагируют друг с другом.

Чтобы провзаимодействовали карбоксильная группа одной аминокислоты с аминогруппой, находящейся в молекуле другой кислоты, необходимо провести ряд последовательных реакций.

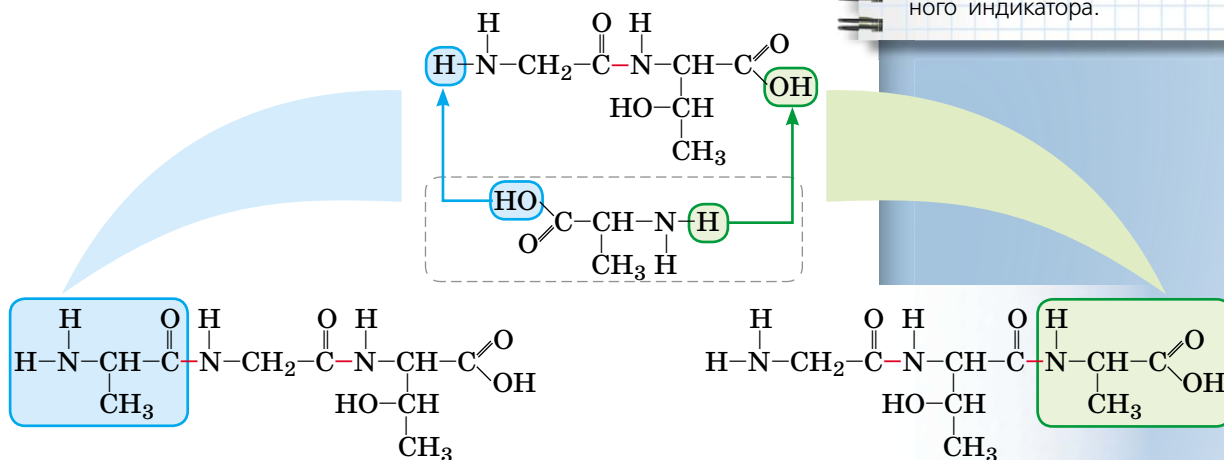
Упрощённо взаимодействие двух α -аминокислот можно представить в виде схемы:



Глицилтреонин, образовавшийся в результате реакции, относят к классу **пептидов**, точнее, это дипептид.

Амидную связь в молекулах пептидов называют **пептидной связью**.

Дипептид может присоединить к себе ещё одну молекулу α -аминокислоты. В зависимости от условий новая кислота может присоединиться или к свободной аминогруппе, или к свободной гидроксильной группе:



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Свойства аминокислот.

«ПОМОЩНИК»

Опытным путём определите:

- хорошо ли растворяется глицин (аминоуксусная кислота) в воде;
- реакцию среды полученного раствора с помощью универсального индикатора.

СИНТЕЗ ПЕПТИДОВ В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ

Процесс взаимодействия аминокислот друг с другом, приводящий к образованию пептидов, в живых организмах осуществляется быстрее и в более мягких условиях, чем в лаборатории. Он протекает в рибосомах клетки с участием нуклеиновых кислот и биологических катализаторов — ферментов.



Аминокислоты, в молекулах которых соотношение числа карбоксильных групп и аминогрупп не равно 1:1, выполняют в организме функцию поддержания среды, благоприятной для жизни. Избыток ионов водорода связывается карбоксил-анионом в карбоксильную группу, а группа $-\text{NH}_3^+$ связывает гидроксид-ионы.

ВОПРОСЫ:

- В чём заключаются особенности номенклатуры α -аминокислот? Как вы думаете, чем это вызвано?
- Что положено в основу классификации α -аминокислот? Дайте определение каждому из классов.
- Как проводят химические реакции между разными аминокислотами в лабораториях?
- При каких условиях эти же химические реакции протекают в живых организмах?

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Чем отличаются полипептиды от белков.
- Химическое строение молекул белков.

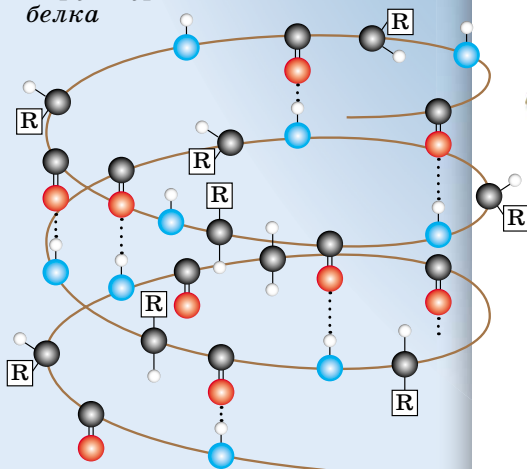
ВСПОМНИТЕ:

- Известные вам структуры белковых молекул.
- Какие группы атомов называют гидрофильными и какие — гидрофобными?

Работы по выяснению первичной структуры белка были впервые выполнены в Кембриджском университете (Великобритания) на примере одного из простейших белков — инсулина. Английский биохимик Ф. Сенгер потратил на это исследование почти 10 лет.

4.5.

Вторичная структура белка

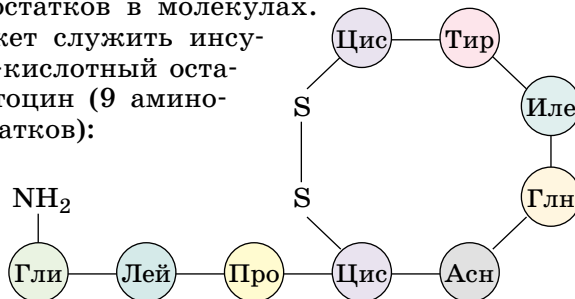


ПОЛИПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

Постепенное присоединение к пептидам всё новых и новых молекул α -аминокислот приводит к образованию высокомолекулярных соединений — **полипептидов и белков**.

ПОЛИПЕПТИДЫ Пептидами принято называть вещества, молекулы которых содержат менее десяти аминокислотных остатков. Если молекула образована большим числом аминокислотных остатков, но их меньше ста, вещество относят к *полипептидам*. Понятно, что такое деление весьма условно.

БЕЛКИ Макромолекулы, построенные из более чем ста аминокислотных остатков, называют *белками*. Вместе с тем известны белки с гораздо меньшим числом аминокислотных остатков в молекулах. Примером может служить инсулин (51 аминокислотный остаток) или окситоцин (9 аминокислотных остатков):



ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ БЕЛКОВ В организме человека тысячи различных белков, и практически все они построены из стандартного набора 20 α -аминокислот.

Последовательность аминокислотных остатков в молекуле белка называют **первичной структурой белка**.

Свойства белка и его биологические функции определяют последовательностью аминокислотных остатков.

У большинства белков полипептидная цепь свёртывается в спираль, напоминающую растянутую пружину, — α -спираль.

Тип укладки полипептидной цепи называют **вторичной структурой белка**.

Большинство белков относятся к глобулярным — их молекулы свёрнуты в глобулу. Если моделью α -спирали может служить растянутая пружина, то упрощённой моделью третичной структуры будет эта же пружина, свёрнутая в клубок. Молекула свёрнута так, что гидрофильные фрагменты аминокислотных остатков оказываются снаружи, а гидрофобные углеводородные радикалы располагаются внутри глобулы.



Пространственное расположение полипептидной цепи называют **третичной структурой белка**.

Встречаются белки, состоящие из нескольких полипептидных цепей, каждая из которых имеет собственную первичную, вторичную и третичную структуры. Часто в таких молекулах присутствует небелковая часть.



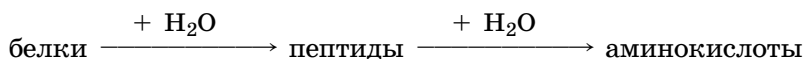
Способ объединения нескольких молекул белка в одну макромолекулу называют **четвертичной структурой**.

ДЕНАТУРАЦИЯ БЕЛКОВ На уроках биологии вы узнали, что под действием некоторых внешних факторов связи, поддерживающие пространственную структуру белка, разрушаются.



Денатурация — частичное или полное разрушение пространственной структуры, присущей данной белковой молекуле.

ГИДРОЛИЗ БЕЛКОВ При действии ферментов или при длительном нагревании в присутствии сильных кислот или щелочей происходит *гидролиз белков*.



Проанализировав продукты гидролиза, можно установить количественный состав белков.

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА БЕЛКИ Обнаружить белки достаточно легко, зная качественную реакцию на пептидную связь. Известно несколько качественных реакций для белков. При добавлении к раствору белка нескольких капель раствора гидроксида натрия и затем раствора сульфата меди(II) появляется красно-фиолетовое окрашивание. Эта качественная реакция на белки называется **биуретовой реакцией**.

Под действием концентрированной азотной кислоты большинство белков окрашиваются в жёлтый цвет, а при нагревании цвет может быть и оранжевым. Эта качественная реакция называется **ксантопротеиновой**.



Денатурация белка под действием некоторых органических веществ широко используется в медицинской практике. Использование раствора фенола (карболовой кислоты) и спирта в качестве дезинфицирующего средства основано на денатурации белков бактерий.



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Денатурация белков.

«ПОМОЩНИК»

- К раствору белка куриного яйца прилейте раствор этанола.
- К раствору белка куриного яйца прилейте раствор уксусной кислоты.
- Пробирку с раствором белка куриного яйца нагрейте на пламени спиртовки.



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цветные реакции белков.

«ПОМОЩНИК»

- Налейте в пробирку 1 мл раствора белка куриного яйца и добавьте к нему такой же объём щёлочи. К полученной смеси прилейте 2–3 капли раствора сульфата меди(II).
- Налейте в пробирку 2–3 мл раствора белка куриного яйца и добавьте к нему 2–3 капли раствора концентрированной азотной кислоты. Осторожно нагрейте смесь на пламени спиртовки (газовой горелки), не доводя до кипения. При появлении окраски прекратите нагревание.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какими химическими свойствами обладают изученные представители разных классов углеводов?
- Какие структуры белков вы знаете? Почему эти структуры устойчивы?
- Опишите известные вам способы обнаружения белков.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что такое азотистые основания с точки зрения химии.
- Из каких компонентов и как построены молекулы нуклеиновых кислот.
- Как с помощью химических реакций передаётся наследственная информация от поколения к поколению.

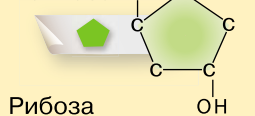
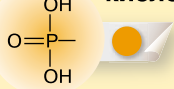
ВСПОМНИТЕ:

- Какие вещества называются нуклеиновыми кислотами?
- Какие азотистые основания элементарны друг другу?

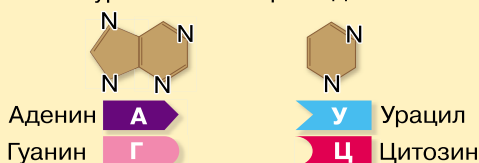
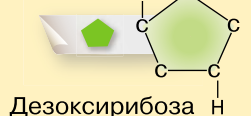
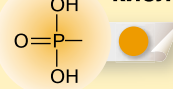
НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Русский учёный М. В. Волькенштейн, давая определение жизни, написал: «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров — белков и нуклеиновых кислот». С химической природой белков вы уже знакомы, теперь рассмотрим нуклеиновые кислоты с точки зрения химической науки.

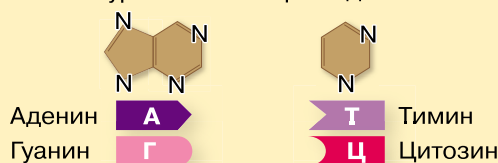
КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ Из курса биологии вам знакомы два вида нуклеиновых кислот: *дезоксирибонуклеиновая (ДНК)* и *рибонуклеиновая (РНК)*. Нуклеиновые кислоты довольно легко подвергаются гидролизу, образуя в итоге смесь, состоящую из фосфорной кислоты, пентозы и циклических соединений с атомами азота. Гетероциклы с атомами азота называют **азотистыми основаниями**.

РНК**Пентоза****Остаток фосфорной кислоты****Азотистые основания**

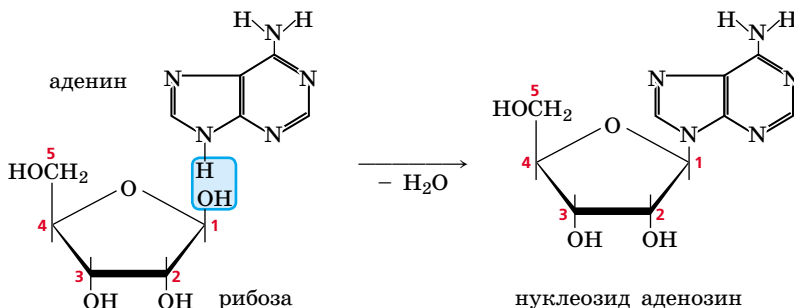
Пуриновые Пиримидиновые

**ДНК****Пентоза****Остаток фосфорной кислоты****Азотистые основания**

Пуриновые Пиримидиновые



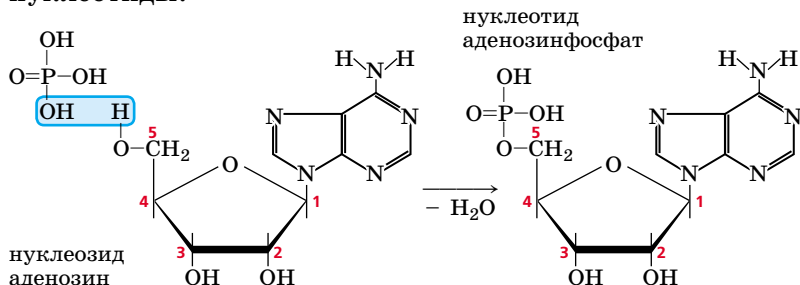
ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ НУКЛЕОЗИДОВ Рибоза и дезоксирибоза являются углеводами, которые могут взаимодействовать с аминогруппой азотистых оснований, например:



4.6. Условное обозначение нуклеозида

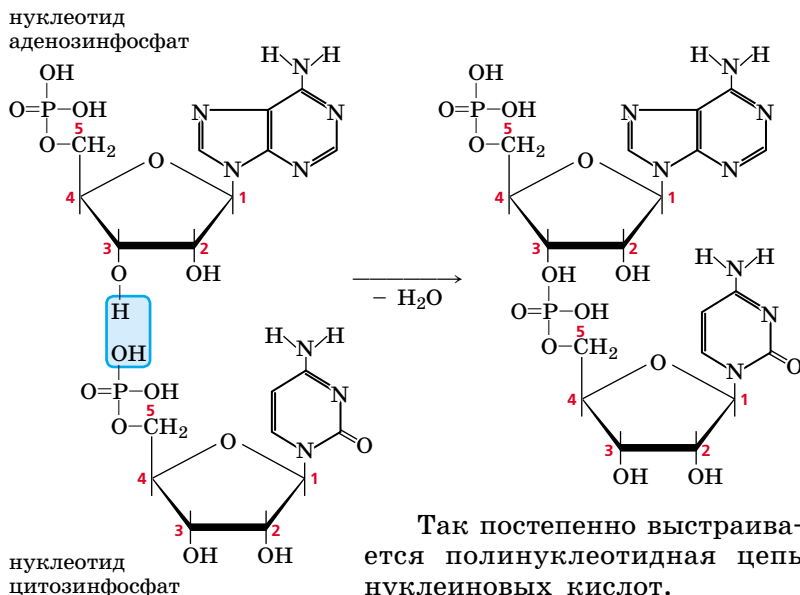
Нуклеозиды — соединения, образованные азотистым основанием и углеводом (рибозой или дезоксирибозой).

ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ НУКЛЕОТИДОВ Нуклеозиды, образовавшиеся в результате взаимодействия пентоз с азотистыми основаниями, сохраняют свойства многоатомных спиртов и поэтому способны вступать в реакции этерификации. При взаимодействии нуклеозидов с фосфорной кислотой образуются фосфорные эфиры — нуклеотиды:



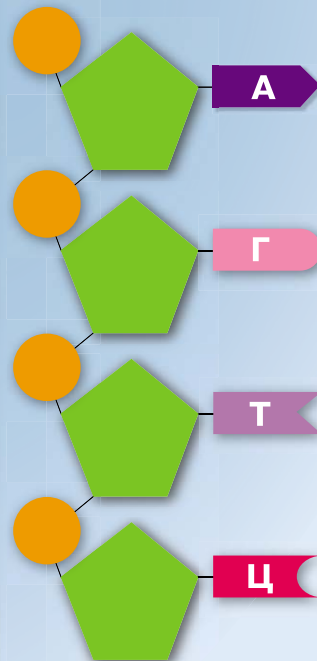
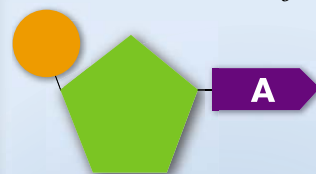
Нуклеотиды — фосфорные эфиры нуклеозидов.

ПЕРВИЧНАЯ СТРУКТУРА НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ В нуклеотидах остатки фосфорной кислоты сохранили две гидроксильные группы, следовательно, нуклеотиды проявляют кислотные свойства. В остатках пентоз также сохраняются гидроксильные группы: в остатках рибозы — у второго и третьего атомов углерода, в остатках дезоксирибозы — только у третьего атома углерода. Поэтому нуклеотиды могут взаимодействовать друг с другом:



Последовательность нуклеотидов в цепи называют **первичной структурой нуклеиновой кислоты**.

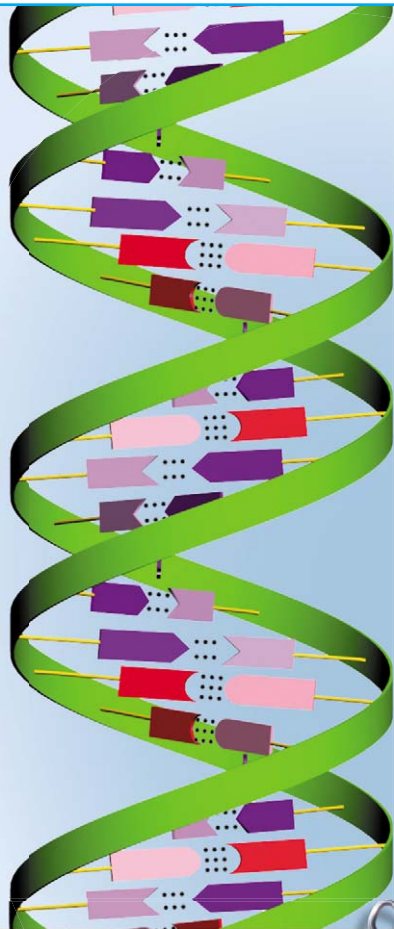
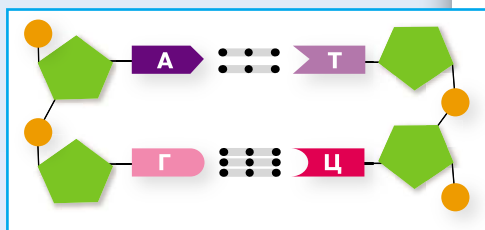
4.7. Условное обозначение нуклеотида



4.8. Условное обозначение первичной структуры нуклеиновой кислоты

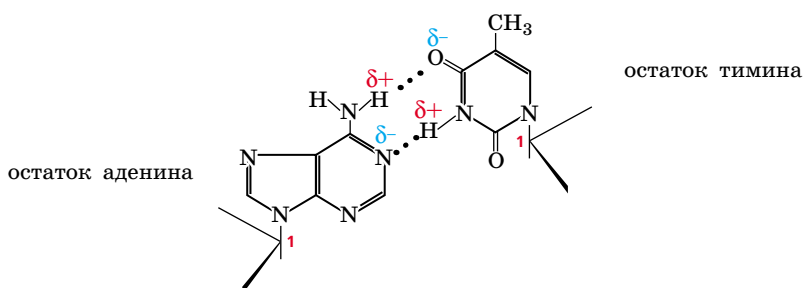
«От радости я почувствовал себя на седьмом небе, ибо тут я уловил возможный ответ на мучившую нас загадку: почему число пуринов в точности равно числу пиримидинов».

Дж. Уотсон.
Двойная спираль

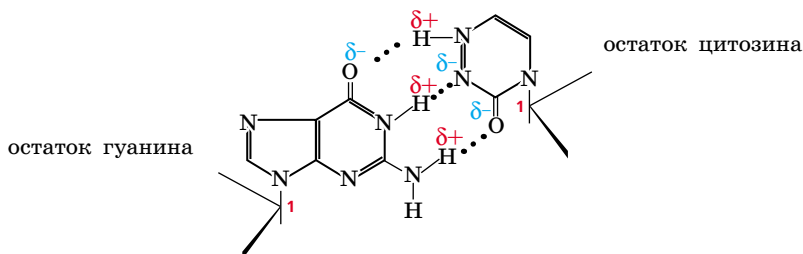


Англичанину Ф. Крику и американцу Дж. Уотсону в 1962 г. была присуждена Нобелевская премия за расшифровку вторичной структуры ДНК.

КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ АЗОТИСТЫХ ОСНОВАНИЙ В 1951 г. американский биохимик Э. Чаргафф установил, что в продуктах гидролиза ДНК разных организмов количество аденина всегда равно количеству тимина, а содержание гуанина всегда равно содержанию цитозина. Из этого был сделан вывод о том, что в молекулах ДНК аденин как бы дополняет тимин, цитозин дополняет гуанин. Такие пары азотистых оснований стали называть комплементарными (франц. *compliment* — дополнение). В основе комплементарности лежат водородные связи, образующиеся между азотистыми основаниями:



Строение гуанина и цитозина таково, что между ними образуются три водородные связи:



ВТОРИЧНАЯ СТРУКТУРА ДНК Водородные связи, возникающие между комплементарными азотистыми основаниями, обеспечивают объединение двух спиральных полифосфатных цепей в единую структуру, которую называют двойной спиралью.



Двойная спираль — это вторичная структура дезоксирибонуклеиновой кислоты.

В молекуле ДНК пуриновые и пиримидиновые основания всегда находятся внутри двойной спирали, что делает её похожей на винтовую лестницу со ступеньками из азотистых оснований.

ТРЕТИЧНАЯ СТРУКТУРА ДНК Диаметр двойной спирали равен 2 нм, а шаг каждой спирали составляет 3,4 нм. Длина спирали в клетке человека оценивается в 1–3 мм. Каким же образом они помещаются в маленьком кле-

точном ядре? С помощью сотни разнообразных белков, находящихся в ядре клетки, двойная спираль ДНК приобретает очень компактную структуру, которую можно сравнить с третичной структурой белков. Образовавшийся комплекс белков и ДНК в 10 тысяч раз короче исходной молекулы ДНК.

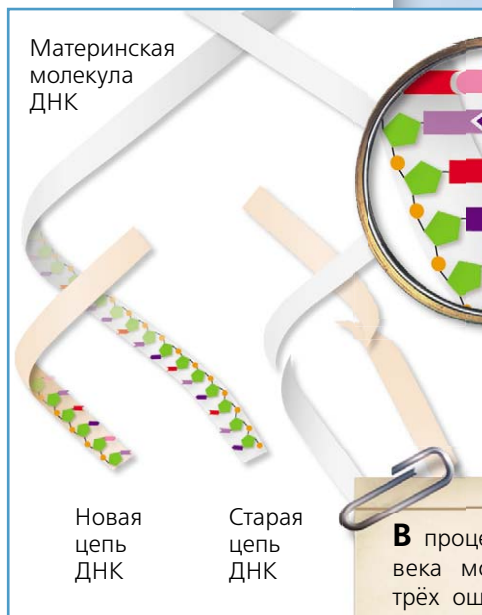
ХИМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПЕРЕДАЧИ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Из курса биологии вы знаете, что передача наследственной информации от поколения к поколению осуществляется с помощью молекул ДНК.

Под действием специальных ферментов водородные связи, поддерживающие структуру двойной спирали, разрываются. Цепи ДНК расходятся. Азотистые основания каждой отдельной цепи образуют новые водородные связи со свободными нуклеотидами. Другие ферменты катализируют химические реакции между нуклеотидами и фосфорной кислотой, как бы сшивая нуклеотиды в новую полинуклеотидную цепочку. При этом цепи исходной молекулы ДНК играют роль матрицы, задавая порядок расположения нуклеотидов. В результате из одной молекулы ДНК получаются две, полностью идентичные исходной.

Процесс самовоспроизведения ДНК называют *репликацией*, в его основе лежит принцип комплементарности.

Подробно о функциях нуклеиновых кислот в организме и о том, какое участие принимают различные виды РНК в синтезе белков, вы узнаете на уроках биологии.



В процессе репликации ДНК человека может произойти не более трёх ошибок. Это объясняется тем, что фермент, участвующий в процессе воспроизведения ДНК, дважды проверяет соответствие каждого нуклеотида новой цепи матрицы. Репликация происходит достаточно быстро: 50 нуклеотидов в секунду у млекопитающих, 500 нуклеотидов в секунду у бактерий.



ДНК являются очень устойчивыми образованиями, и замещение одних азотистых оснований другими без специального химического вмешательства в живых организмах невозможно. Поэтому не следует принимать всерьёз сообщения средств массовой информации об опасности использования в качестве продуктов питания генетически модифицированных организмов (ГМО). Безопасность ГМО подтверждена многочисленными научными исследованиями. Использование в качестве продуктов питания ГМО рассматривают как одно из перспективных решений глобальной продовольственной проблемы.

ВОПРОСЫ:

- Почему азотистые основания называют основаниями?
- Из каких компонентов и как построены молекулы нуклеиновых кислот?
- Как с помощью химических реакций передаётся наследственная информация от поколения к поколению?

ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

- Амины — органические производные аммиака, в молекуле которого один или несколько атомов водорода замещены углеводородными радикалами.
- Алифатические амины более сильные основания по сравнению с аммиаком. Чем больше атомов водорода в молекуле аммиака замещено предельными углеводородными радикалами, тем сильнее амин как основание.
- Ароматические амины более слабые основания по сравнению с аммиаком. Чем больше атомов водорода в молекуле аммиака замещено ароматическими радикалами, тем слабее амин как основание.
- Аминокислоты — внутренние соли, биполярные ионы.

● Группа атомов $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$ называется амидной группой. Связь между атомами углерода и азота в этой группе — амидная связь. Если амидная связь образована между остатками α -аминокислот, её называют пептидной связью.

● Последовательность аминокислотных остатков в молекуле белка называют первичной структурой белка. Тип укладки полипептидной цепи называют вторичной структурой белка. Пространственное расположение полипептидной цепи называют третичной структурой белка. Способ объединения нескольких молекул белка в одну макромолекулу называют четвертичной структурой.

● Последовательность нуклеотидов в цепи называется первичной структурой нуклеиновой кислоты. Полинуклеотидная цепь ДНК образует вторичную структуру, представляющую собой двойную спираль.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

В учебнике химии 1923 г. есть такие утверждения: «Все те вещества, которые участвуют непосредственно в явлениях жизни, называются белковыми и имеют очень сложный состав, так как содержат С, Н, N, S, Fe и, вероятно, многие другие элементы, кроме тяжёлых атомов, но в весьма малом количестве. Образцом белкового вещества является свежесваренный из свежего яйца куриный белок. Конечно, это вещество является студниевым раствором, но даже при испарении воды без повышения температуры в нём происходят изменения, а потому точное определение состава живого белка — невозможно».

- С какими из приведённых утверждений вы согласны? Почему?
- Какие из утверждений, на ваш взгляд, ошибочны? Дайте аргументированный ответ.



ОБОБЩЕНИЕ ЗНАНИЙ ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

■ ТЕОРИЯ А.М. БУТЛЕРОВА

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

«Каждый химический атом, входящий в состав тела, участвует в его образовании и действует с определёнными силами. Эти силы влияют на окружающие его атомы, вследствие чего последние связываются в химическую частицу — молекулу. Распределение действия этих сил, ведущее к связи атомов в определённом порядке, я называю химическим строением. Отсюда следует, что химическая природа сложных частиц определяется природой элементарных её составляющих частей, их количеством и химическим строением».

А.М. Бутлеров

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что теории не возникают на пустом месте, а базируются на предыдущих достижениях науки.
- Каков вклад А.М. Бутлерова в создание теории химического строения органических соединений.
- Как развивалась теория химического строения органических соединений после А.М. Бутлерова.

ВСПОМНИТЕ:

- Свойства основных классов органических соединений, с которыми вы познакомились в 10 классе.

ТЕОРИЯ А.М. БУТЛЕРОВА

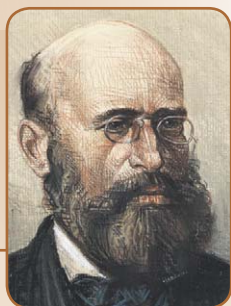
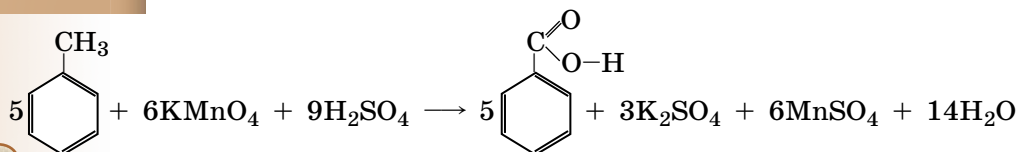
При изучении химии в 10 классе вы познакомились с важнейшими положениями теории химического строения органических соединений. Обобщим имеющиеся знания.

ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВ Профессор Казанского университета А.М. Бутлеров тщательно следил за работами своих коллег-химиков. В результате напряжённой работы ему удалось не только объединить в единое целое разрозненные факты, но (и это главное!) объяснить их. Основные положения созданной им теории А.М. Бутлеров сформулировал в 1861 г. Центральным положением теории А.М. Бутлерова стало понятие о химическом строении веществ.



Химическое строение — это не просто определённый порядок соединения атомов в молекулах. Это прежде всего влияние связанных атомов друг на друга.

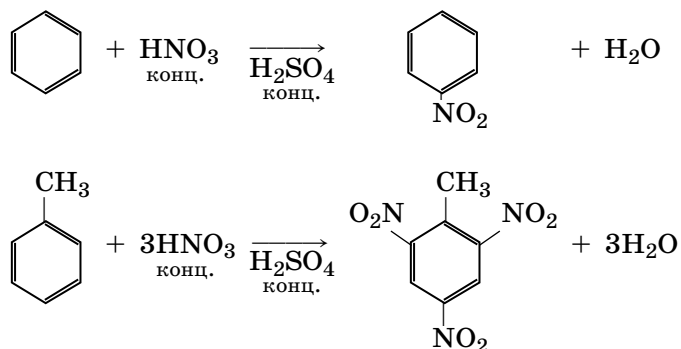
ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ АТОМОВ Предельный углеводород метан и непредельный ароматический углеводород бензол устойчивы к действию подкислённого раствора перманганата калия. «Соединив» их в одну молекулу, мы получаем вещество, которое обесцвечивает раствор перманганата калия:



Бутлеров
Александр Михайлович
1828–1886

Русский химик, профессор Казанского и Петербургского университета, академик Российской академии наук, создатель теории химического строения органических веществ.

Нитрование бензола протекает в более жёстких условиях, чем нитрование толуола:

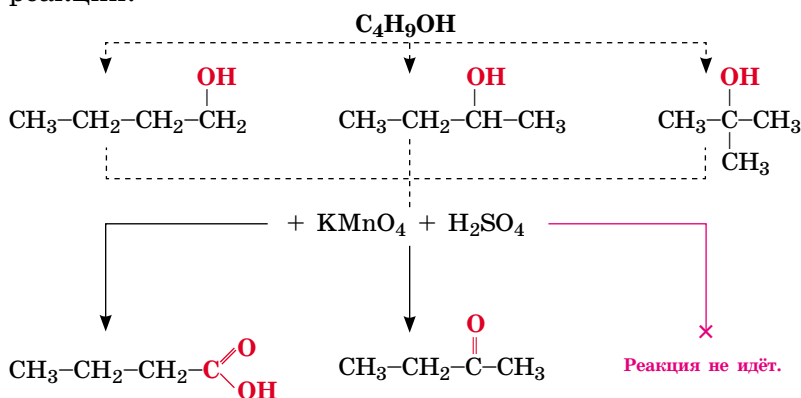


Эти различия обусловлены тем, что метильный радикал обладает способностью отталкивать от себя электронные пары, а фенильный радикал, напротив, притягивать их. В результате такого совместного

направленного действия атомы водорода и в метильной группе, и в бензольном ядре становятся более подвижными по сравнению с метаном и бензолом.

ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ ОТ СТРОЕНИЯ ИХ МОЛЕКУЛ

Предельные одноатомные спирты обесцвечивают подкисленный раствор перманганата калия. В зависимости от того, к какому атому углерода присоединяется гидроксильная группа, получаются разные продукты реакции:

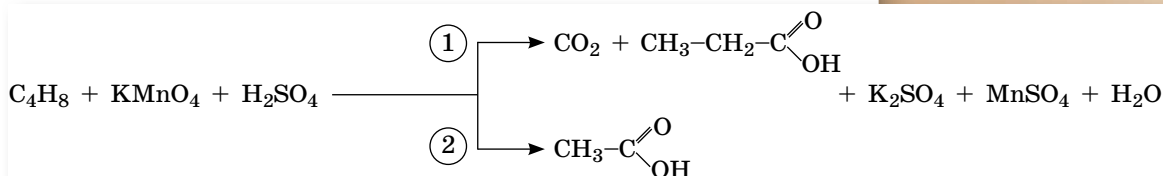


«Теория химического строения, вызванная на свет преимущественно явлением изомерии, главным образом обязана своим утверждением и господством в науке изучению изомерии».

В.В. Марковников

УСТАНОВЛЕНИЕ СТРОЕНИЯ МОЛЕКУЛ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Взаимодействие изомерных бутенов с раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты приводит к образованию разных веществ:



В первом случае образование двух продуктов окисления бутена приводит к предположению, что молекула исходного вещества была несимметричной (бутен-1). Образование лишь уксусной кислоты во втором случае возможно только при условии расположения двойной связи точно по центру молекулы исходного вещества (бутен-2).

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Классическая теория химического строения не смогла объяснить ряд фактов, ставших известными в последующие годы. Так, было установлено, что для ряда веществ число изомеров может быть больше, чем это допускала теория А.М. Бутлерова, малеиновая и фумаровая кислоты обладают разными свойствами, хотя последовательность соединения атомов в их молекулах одинаковая. Ответы на эти и другие вопросы были получены в результате появления новых направлений в химической науке: стереохимии, квантовой химии и др.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Для каждого из основных положений теории химического строения органических веществ приведите собственные примеры уравнений химических реакций.
- Пользуясь дополнительными источниками, найдите информацию о предметах исследования стереохимии и квантовой химии.

ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

- Атомы углерода в органических соединениях четырёхвалентны.
- Атомы в молекулах связаны в определённом порядке химическими связями.
- Строение молекул можно изучать химическими методами: анализом и синтезом.
- Атомы углерода могут образовывать устойчивые цепи.
- Физические и химические свойства органических веществ определяются не только составом, но и строением их молекул.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Сопоставьте приведённые исторические факты с основными положениями теории химического строения А.М. Бутлерова.
 - 1822 г. — Ф. Вёлер получил циановую кислоту HCNO и нашёл, что она по своему составу аналогична гремучей.
 - 1823 г. — Ю. Либих и Ф. Вёлер открыли явление, которое потом получило название изомерии.
 - 1831 г. — Й.Я. Берцелиус ввёл термин «изомерия».
 - 1852 г. — Э. Франкланд заложил основы будущих представлений о валентности.
 - 1857 г. — А. Кекуле разработал фундаментальные представления о валентности.
К.Г. Вихельхаус выдвинул предположение, что от валентности зависит порядок связывания атомов в молекуле.
 - 1858 г. — А. Кекуле установил, что углерод в органических соединениях четырёхвалентен.
А. Купер сформулировал идею о наличии в органических соединениях углерод-углеродных связей.
- Закончите этот хронологический ряд:
 - 1860 г. — А.М. Бутлеров обобщает работы своих коллег и...



Глава V

ВЕЩЕСТВО

- СТРОЕНИЕ АТОМА.
ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН
- ЭЛЕКТРОННАЯ ПРИРОДА
ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ
- ПРИЧИНЫ МНОГООБРАЗИЯ
ВЕЩЕСТВ
- КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
- МНОГООБРАЗИЕ ВЕЩЕСТВ



КОРОТКО О ГЛАВНОМ

Сведение множества к единому — в этом первооснова красоты.

*Древнегреческий философ,
математик и мистик Пифагор*

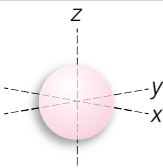
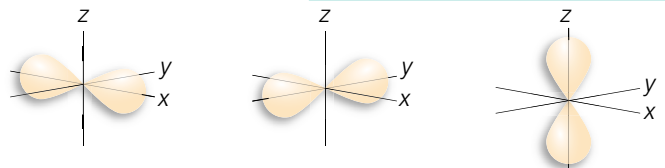
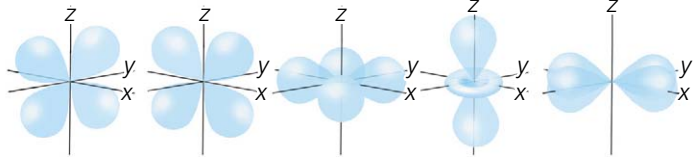
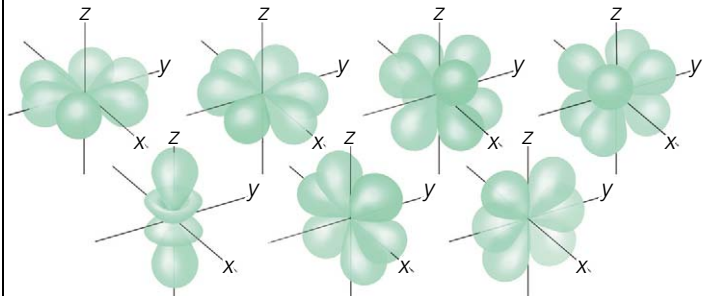
ВЫ УЗНАЕТЕ:

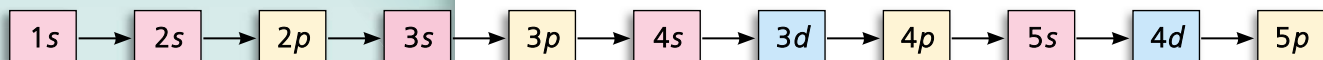
- Закономерности в электронном строении атомов.
- Как связаны Периодическая система химических элементов и электронные конфигурации атомов.

ВСПОМНИТЕ:

- Определение понятия «электронная орбиталь».
- Электронное строение атомов водорода и углерода.

5.1. Формы электронных орбиталей

Название	Форма
<i>s</i>	
<i>p</i>	
<i>d</i>	
<i>f</i>	

5.2. Последовательность заполнения орбиталей электронами

СТРОЕНИЕ АТОМА. ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН

В 10 классе вы узнали, что частицы микромира обладают волновыми свойствами. Это приводит к тому, что для электрона невозможно определить его положение в пространстве в определённый момент времени. Поэтому для описания состояния электрона в атоме используется понятие «электронная орбиталь».

ВИДЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ОРБИТАЛЕЙ В атомах химических элементов, известных в настоящее время, есть четыре вида электронных орбиталей, которые обозначаются латинскими буквами *s*-, *p*-, *d*- и *f*-. Чем дальше от ядра атома расположен электронный слой, тем больше «разнообразие» орбиталей, которые его образуют.

№ слоя	Виды и число орбиталей
1	одна <i>s</i> -орбиталь
2	одна <i>s</i> - и три <i>p</i> -орбитали
3	одна <i>s</i> -, три <i>p</i> - и пять <i>d</i> -орбиталей
4	одна <i>s</i> -, три <i>p</i> -, пять <i>d</i> - и семь <i>f</i> -орбиталей

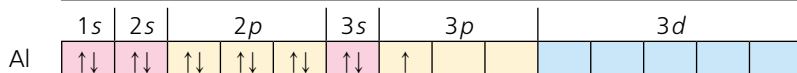
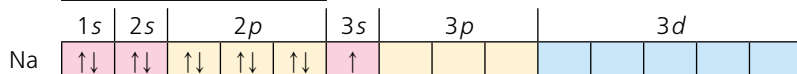
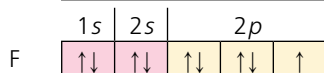
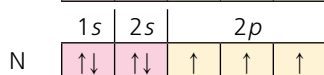
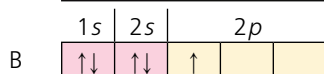
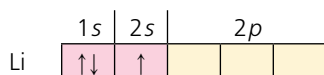
ПРАВИЛА ЗАПОЛНЕНИЯ ОРБИТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАМИ Учёные-физики установили, что заполнение орбиталей электронами подчиняется ряду простых правил.

Правило 1: Электрон «выбирает» орбиталь с меньшей энергией. Сравнение энергий разных электронных орбиталей позволяет определить последовательность заполнения орбиталей электронами.

Правило 2: На каждой орбитали может находиться не более двух электронов.

Правило 3: Если орбиталей данного вида несколько, то сначала на них располагается по одному электрону.

Правило 4: энергия *s*-орбитали следующего слоя меньше энергии *d*-орбитали предыдущего слоя.



ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА АТО-

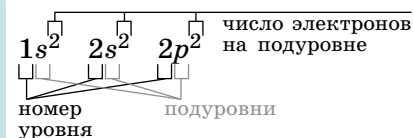
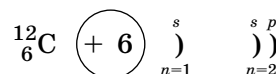
МА Пользуясь сформулированными правилами, составим схемы распределения электронов по орбиталям в атомах некоторых элементов II и III периодов.

Периодическое изменение свойств химических элементов обусловлено периодическим изменением электронных конфигураций атомов.

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОНФИГУРАЦИИ АТОМОВ И ЧИСЛО ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЕРИОДАХ

Выявленная учёными физиками последовательность заполнения электронных орбиталей объясняет различное число химических элементов в периодах Периодической системы:

Период	Заполняемые орбитали	Максимальное число электронов	Всего электронов	Число элементов в периоде
I	1s	2	2	2
II	2s	2	8	8
	2p	3 · 2 = 6		
III	3s	2	8	8
	3p	3 · 2 = 6		
IV	4s	2	18	18
	3d	5 · 2 = 10		
	4p	3 · 2 = 6		
V	5s	2	18	18
	4d	5 · 2 = 10		
	5p	3 · 2 = 6		
VI	6s	2	32	32
	4f	7 · 2 = 14		
	5d	5 · 2 = 10		
	6p	3 · 2 = 6		
VII	7s	2	32	32
	5f	7 · 2 = 14		
	6d	5 · 2 = 10		
	7p	3 · 2 = 6		



5.3. Электронная формула («паспорт») атома углерода (модель электронной оболочки атома C)



5.4. Графическое изображение электронной формулы атома углерода

Часто громоздкие формулы в квантовых ячейках заменяют более компактными электронными формулами, выделяя только те электронные орбитали, которые заполняются электронами. Например, для ванадия это выглядит так: V ... 3d³4s², а для галлия — Ga ... 4s²4p¹.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА И ЭЛЕКТРОННЫЕ КОНФИГУРАЦИИ АТОМОВ

Рассмотрим схему длинной формы периодической таблицы:

A-группы																	A-группы							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII								
I																								
II																								
III																								
IV																								
V																								
VI																								
VII																								
s-элементы			d-элементы												p-элементы									

У атомов элементов IA- и IIA-групп (в короткой форме таблицы — главные подгруппы I и II групп соответственно) происходит заполнение *s*-орбиталей. Например, Na ...3s¹; Ca ...4s².

В атомах элементов с IIIA-группы по VIIIA-группу (в короткой форме таблицы — главные подгруппы III–VIII групп) включительно заполняются *p*-орбитали. Исключение составляет химический элемент № 2 — гелий, в атоме которого оба электрона расположены на 1*s*-орбитали. Примерами *p*-элементов могут служить N ...2s²2p³; I ...5s²5p⁵.

В-группы (или побочные подгруппы в короткой форме таблицы) образованы химическими элементами, в атомах которых происходит заполнение *d*-орбиталей. К *d*-элементам относятся, например, хорошо вам знакомые в повседневной жизни Fe ...3d⁶4s² или Ag ...4d¹⁰5s¹.

Зная положение химического элемента в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева, можно легко определить распределение электронов по орбиталям атома. Покажем это на следующем примере.

Пример. Как распределены по орбиталям валентные электроны в атоме мышьяка? Чтобы ответить на этот вопрос, находим мышьяк в периодической таблице и определяем, что этот химический элемент расположен в четвёртом периоде и VA-группе. Следовательно, на четвёртом электронном слое атома мышьяка находится пять электронов. Их распределение по электронным орбиталям подчиняется правилам, приведённым на с.74.

4s	4p			4d			
↑↓	↑	↑	↑				



ЭЛЕКТРОННЫЕ КОНФИГУРАЦИИ АТОМОВ И ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ

Сопоставим электронные конфигурации атомов элементов второго и третьего периодов со свойствами простых веществ, которые образуют эти элементы. От лития ко фтору происходит постепенное заполнение электронных орбиталей второго электронного слоя. В этом же направлении происходит и усиление неметаллических свойств простых веществ, образованных соответствующими химическими элементами. Аналогичное усиление неметаллических свойств мы наблюдаем у простых веществ, образованных химическими элементами третьего периода.



По мере заполнения электронных орбиталей внешнего электронного слоя атомов происходит усиление неметаллических (ослабление металлических) свойств простых веществ.

Сравним строение атомов самых характерных металлов и неметаллов с изменением активности простых веществ.

С увеличением числа электронных слоёв увеличивается расстояние между ядром атома и валентными электронами и, следовательно, уменьшается сила, удерживающая валентные электроны в атоме (вспомните из курса физики закон Кулона). Этим объясняется усиление металлических свойств и ослабление неметаллических свойств простых веществ, образованных химическими элементами одной и той же главной подгруппы (А-группы в длинной форме периодической таблицы).

В целом изменение металлических свойств во всех А-группах (главных подгруппах короткой формы периодической таблицы) можно представить в виде схемы.

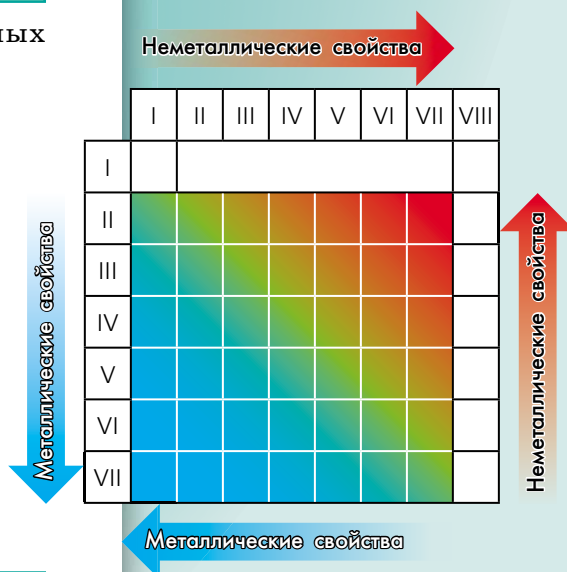
ПОЧЕМУ СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗМЕНЯЮТСЯ ПЕРИОДИЧЕСКИ?

Периодический закон был сформулирован Д.И. Менделеевым задолго до того, как было установлено сложное строение атома. В менделеевской формулировке закон звучал так: «Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости (или, выражаясь алгебраически, образуют периодическую функцию) от величины атомных весов элементов». Не даёт ответа на поставленный вопрос и современная формулировка закона, которая отличается от менделеевской только заменой слов «атомных весов» словами «зарядов атомных ядер».

Причина периодичности была понята только после того, как учёные-физики разработали современную теорию строения атома: периодически изменяется конфигурация валентных электронов атомов — периодически изменяются свойства веществ.

Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
$2s^1$	$2s^2$	$2s^2 2p^1$	$2s^2 2p^2$	$2s^2 2p^3$	$2s^2 2p^4$	$2s^2 2p^5$	$2s^2 2p^6$

Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
$3s^1$	$3s^2$	$3s^2 3p^1$	$3s^2 3p^2$	$3s^2 3p^3$	$3s^2 3p^4$	$3s^2 3p^5$	$3s^2 3p^6$



5.5. Изменение металлических и неметаллических свойств в А-группах периодической таблицы

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Как распределяются по орбиталям электроны в атомах всех элементов IV периода? Составьте соответствующие схемы.
- На двух примерах покажите, как можно «расшифровать» последовательность заполнения электронных орбиталей с помощью периодической таблицы.

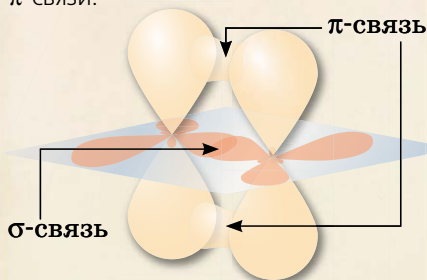
ВЫ УЗНАЕТЕ:

Какими свойствами обладает ковалентная связь.

ВСПОМНИТЕ:

Всё, что вам известно о химической связи.

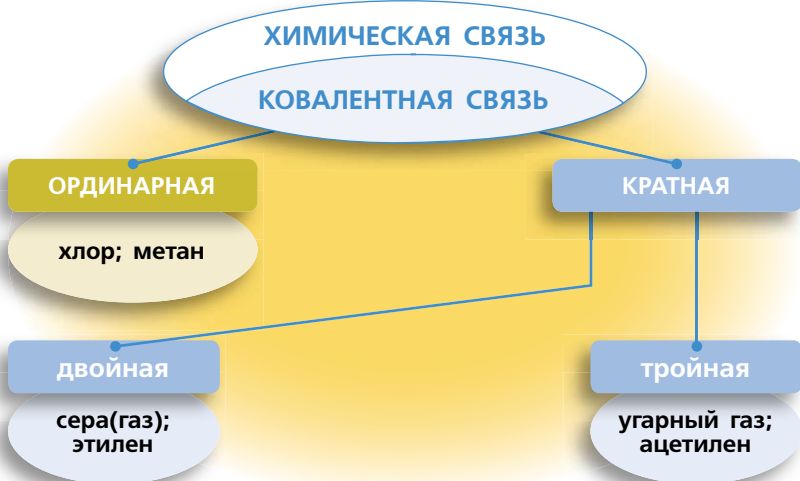
По характеру перекрывания электронных облаков различают σ - и π -связи.



ЭЛЕКТРОННАЯ ПРИРОДА ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Условия и механизмы образования ковалентной связи вам хорошо известны, поэтому здесь мы сосредоточим своё внимание на свойствах этого вида химической связи.

КРАТНОСТЬ СВЯЗИ В зависимости от числа общих электронных пар между двумя атомами ковалентные связи могут быть ординарными (фран. *ordinaire* — простой, обыкновенный) и кратными.

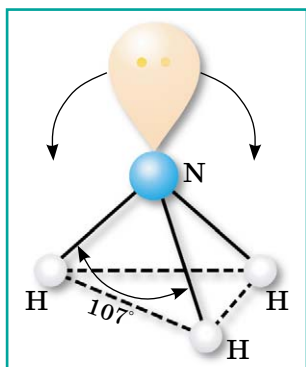
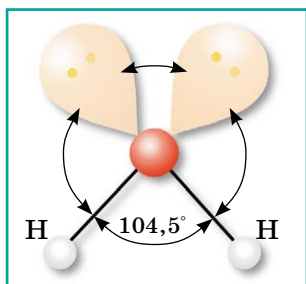


Ординарные связи — это всегда σ -связи. Если кратность связи больше 1, то σ -связь дополняется π -связями.

ДЛИНА И ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ От кратности связи зависит расстояние между ядрами связанных атомов, т.е. длина связи, а длина связи оказывает влияние на её энергию. Особенно ярко это проявляется у связей между атомами углерода, где кратность связи влияет на электроотрицательность атомов.

Связь	Длина, нм	Энергия, кДж/моль	Электроотрицательность
C—C	0,154	348	2,50
C=C	0,135	620	2,62
C≡C	0,120	810	2,75

НАПРАВЛЕННОСТЬ КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ Гибридизация атомных орбиталей характерна не только для атома углерода. Рассмотрим несколько примеров гибридизации орбиталей у атомов p -элементов малых периодов.



В молекуле воды атом кислорода находится в состоянии sp^3 -гибридизации, при которой оси гибридных орбиталей направлены к вершинам тетраэдра, а угол между ними равен $109^\circ 28'$. Однако экспериментальные данные говорят о том, что угол между связями О–Н составляет $104,5^\circ$. Уменьшение угла вызвано взаимодействием орбиталей, которые принимают участие в образовании химической связи, и орбиталями, на которых находятся неподелённые электронные пары.

В состоянии sp^3 -гибридизации находится и атом азота в молекуле аммиака NH_3 , но и в этой молекуле углы между химическими связями отличаются от тетраэдрического.

Неподелённые электронные пары уменьшают угол между ковалентными связями из-за взаимного отталкивания.

Молекула хлорида бора BCl_3 по своему количественному составу похожа на молекулу аммиака NH_3 , но, в отличие от молекулы аммиака молекула хлорида бора не объёмная, а плоская. Это следствие того, что атом бора находится в состоянии sp^2 -гибридизации.

В молекуле фторида бериллия атом бериллия находится в состоянии sp -гибридизации, как, например, второй атом углерода в молекуле пропана. Поэтому молекула фторида бериллия — линейная.

ПОЛЯРНОСТЬ СВЯЗИ Смещение общих электронных пар к более электроотрицательному атому приводит к возникновению частичных зарядов на атомах.

Чем больше разность электроотрицательностей связанных атомов, тем больше полярность связи между ними.

НАСЫЩАЕМОСТЬ КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ Электронные пары, связывающие два атома, уже не могут принимать участие в образовании химической связи с другими атомами. Поэтому число ковалентных связей, образуемых тем или иным атомом, не может превышать определённого значения. Для атомов неметаллов второго периода это значение равно четырём.

Насыщаемостью ковалентной связи объясняется постоянный состав веществ молекулярного строения.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

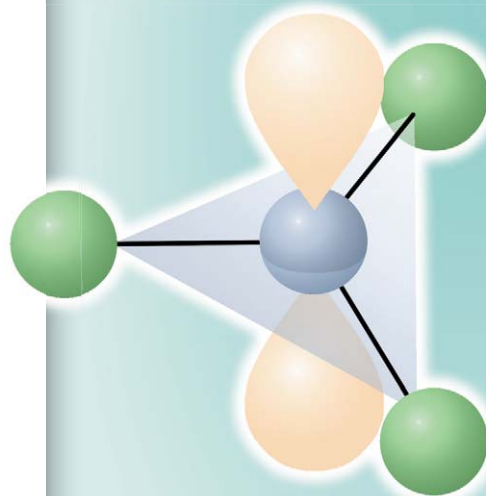
Домашний эксперимент.

«ПОМОЩНИК»

Пользуясь моделями атомов, соберите шаростержневые модели бинарных соединений, в которых центральный атом находится в разных состояниях гибридизации.

Атомы элементов третьего и следующих периодов могут иметь валентность больше четырёх, поскольку в образовании ковалентной связи могут принимать участие d -орбитали. Так, благодаря именно d -орбиталям атомы серы в серной кислоте шестивалентны.

5.6. Модель молекулы хлорида бора BCl_3



ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ АТОМОВ И СТЕПЕНЬ ПОЛЯРНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Соединения с ковалентной связью, столь распространённые в мире органических веществ, среди неорганических встречаются значительно реже. Это обусловлено различием в способности атомов разных химических элементов по-разному притягивать к себе общие электронные пары в молекулах, т.е. разной электроотрицательностью. Известно, что, чем дальше в ряду электроотрицательности отстоят два химических элемента один от другого, тем сильнее смещаются общие электронные пары к более электроотрицательному атому от менее электроотрицательного.

При очень большой разности электроотрицательностей может произойти полный переход электронов от одного атома к другому, в результате чего электронейтральные атомы превратятся в положительно и отрицательно заряженные ионы.

СТЕПЕНЬ ИОННОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ По мнению американского учёного Л. Полинга, в каждой ковалентной связи между атомами разных химических элементов есть определённая степень ионной связи, а в каждой ионной — ковалентной.



Условились считать: если разность электроотрицательностей двух связанных атомов меньше 1,7, связь ковалентная; если больше этого значения — ионная.

ИОННАЯ СВЯЗЬ Соединения с ионной связью образуются активными металлами IA- и IIA-групп с активными неметаллами, расположенными в верхнем правом углу периодической таблицы.

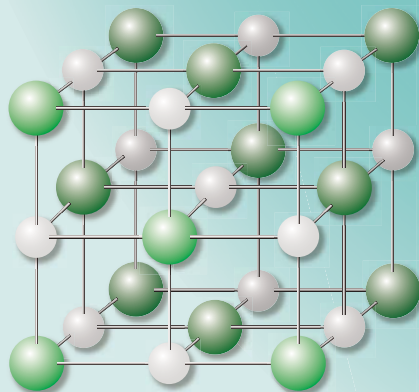
Условно образование ионной связи можно показать с помощью упрощённой схемы.



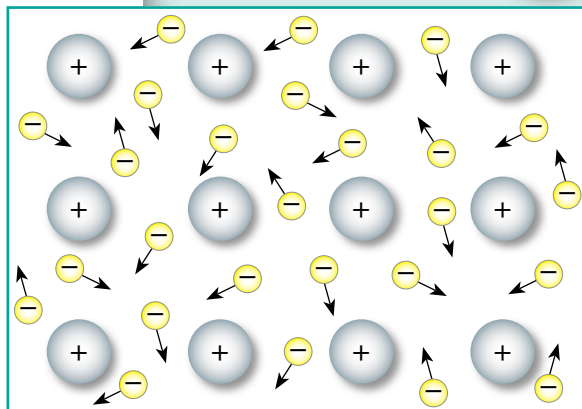
В отличие от ковалентной связи ионная связь не обладает направленностью и насыщенностью. Это объясняется тем, что магнитные поля, создаваемые заряженными ионами, распространяются по всем направлениям. В результате каждый катион оказывается окружённым несколькими анионами и каждый анион — несколькими катионами.

МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ Валентные электроны в атомах металлов слабо связаны с атомным ядром, поэтому атомы металлов легко превращаются в положительно заряженные ионы. В результате в узлах кристалличе-

$\Delta \text{Э.О.}$	Степень ионности связи, %
0,2	1
0,4	4
0,6	9
0,8	15
1,0	22
1,2	30
1,4	39
1,6	47
1,8	55
2,0	63
2,2	70
2,4	76
2,6	82
2,8	86
3,0	89
3,2	92

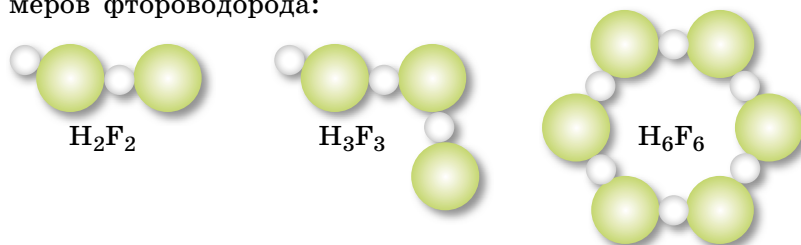


ской решётки металлов находятся как атомы, так и катионы, а в междоузлиях свободно перемещаются электроны, которые часто называют «электронным газом». Это обуславливает сходство металлической связи с ионной (взаимное притяжение катионов и «электронного газа») и с ковалентной связью (обобществление электронов из разных атомов).



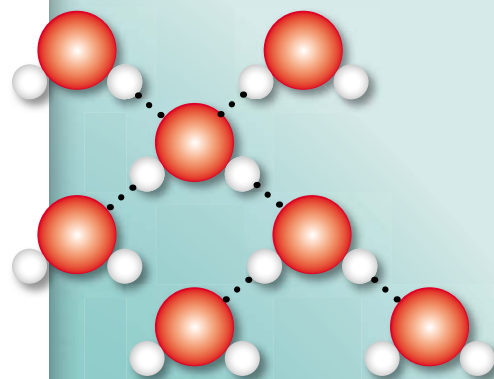
ВОДОРОДНАЯ СВЯЗЬ При изучении основ органической химии вы узнали о существовании химической связи между молекулами спиртов, спиртов и воды, карбоновых кислот и т.д. Водородные связи образуются между атомами водорода, имеющими большой частичный положительный заряд и входящими в состав одной молекулы, с атомами других молекул, имеющими большой частичный отрицательный заряд. Такие заряды возникают, если в одной молекуле связаны друг с другом атомы водорода и фтора, или кислорода, или азота, т.е. с атомами химических элементов, занимающих в ряду электроотрицательности первые три места.

Образованием межмолекулярной водородной связи между молекулами объясняется существование полимеров фтороводорода:



Внутримолекулярные водородные связи обеспечивают устойчивость вторичных и третичных структур белков и нуклеиновых кислот.

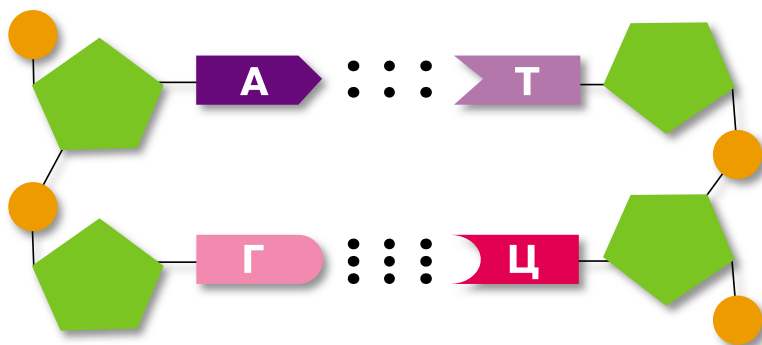
5.7. Схема образования межмолекулярной водородной связи между молекулами воды



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- На конкретных примерах покажите, что между видами химической связи нет строгой границы.
- Пользуясь знаниями, полученными на уроках физики, расскажите о зонной теории строения металлов.
- В одной из публикаций нам встретилось утверждение, что существуют неорганические нуклеиновые кислоты, обеспечивающие передачу наследственной информации в мире минералов. Прокомментируйте.

Водородные связи во многом определяют свойства нуклеиновых кислот. Благодаря им азотистые основания оказываются парно комплементарными.

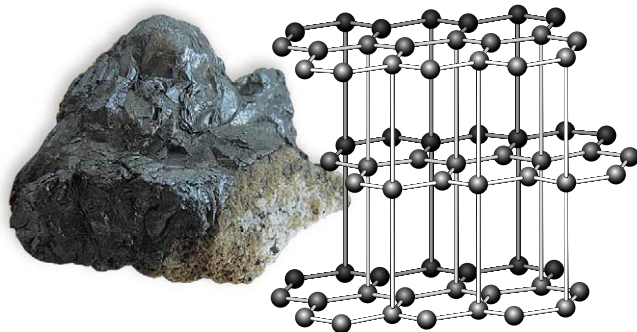


ВЫ УЗНАЕТЕ:

Как человек увеличивает многообразие веществ.

ВСПОМНИТЕ:

- Чем по отношению друг к другу являются простые вещества, образованные одним и тем же химическим элементом?
- Как называются вещества, молекулы которых имеют один и тот же качественный и количественный состав, но разное строение?
- Типы кристаллических решёток, с которыми вы познакомились в 9 классе.



ПРИЧИНЫ МНОГООБРАЗИЯ ВЕЩЕСТВ

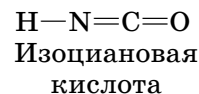
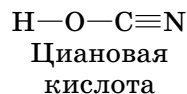
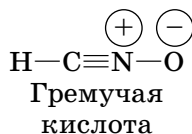
В течение трёх лет мы неоднократно говорили о многообразии веществ. В качестве причин назывались аллотропия, изотопия, изомерия. Кратко вспомним о них, уделив особое внимание аллотропии и ещё одной причине, о которой ранее не говорили.

ИЗОТОПИЯ Нуклиды, составляющие изотопы, различаются не только массовым числом (числом нейтронов в ядре атома), но и своими свойствами. Особенно ярко это проявляется у водорода, дейтерия и трития и их соединений.

Оксид водорода H_2O плавится при температуре 0°C , а оксид дейтерия D_2O — при $3,8^\circ\text{C}$. Твёрдый оксид водорода имеет плотность, меньше плотности жидкого, поэтому зимой лёд покрывает поверхность водоёмов, а не опускается на их дно. Твёрдый оксид дейтерия внешне похож на обычный лёд, но в отличие от него тонет в воде.

ИЗОМЕРИЯ Четырёхвалентность атомов углерода и их способность соединяться друг с другом в устойчивые цепи обуславливает существование изомеров. Разное строение изомеров приводит к существенному изменению свойств. Вы можете самостоятельно привести примеры из органической химии. Здесь мы остановимся лишь на одном примере неорганических изомеров.

На протяжении нескольких лет немецкие химики Ф. Вёлер и Ю. Либих исследовали циановую и гремучую кислоты — вещества с разными свойствами, но имеющие одинаковый состав HCNO . Несколько позже обнаружилась третья кислота такого же состава:



Эти соединения стали первыми изомерами, с которыми познакомилось человечество.

АЛЛОТРОПИЯ Это явление рассмотрим на примере простых веществ, образованных химическим элементом углеродом.

Различия в свойствах алмаза и графита обусловлено разным строением кристаллической решётки.

В кристаллической решётке алмаза каждый атом углерода, находясь в состоянии sp^3 -гибридизации, связан с четырьмя другими одинаково прочными ковалентными неполярными связями.

Расстояния между связанными атомами по всем направлениям абсолютно одинаковы, а углы между связями равны $109^{\circ}28'$.

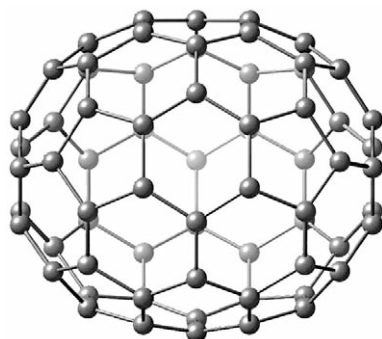
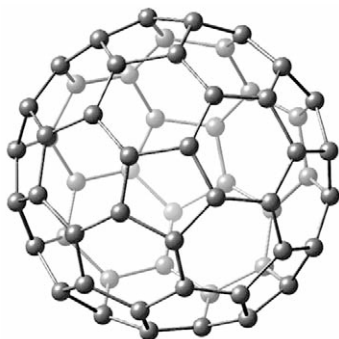
В кристаллической решётке графита каждый атом углерода находится в состоянии sp^2 -гибридизации и связан с тремя другими, расположенными в одной плоскости. Угол между связями составляет 120° . Атомы углерода, лежащие в одной плоскости, прочно связаны друг с другом, а между слоями атомов связи во много раз слабее. Это и обуславливает мягкость графита и области его практического применения.

Остальные аллотропные формы углерода были получены искусственно.



Синтез веществ в лабораториях на химических предприятиях — одна из причин многообразия веществ.

Фуллерены представляют собой огромные сферические молекулы из 60 и 70 атомов углерода:



Графены образованы атомами углерода в sp^2 -гибридизации. Они представляют собой кристаллы толщиной всего в один слой атомов углерода. По сути, это и есть один слой от кристалла графита, и получают графены отшелушиванием слоёв от графита.

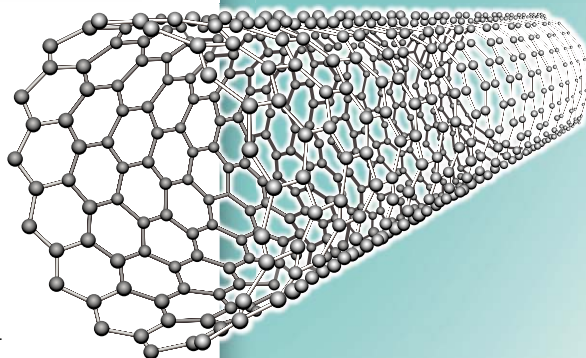
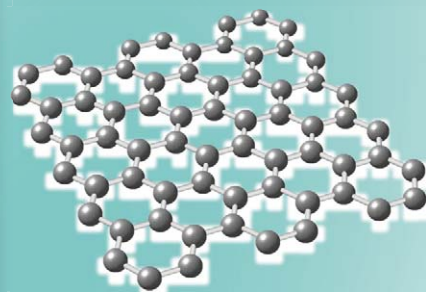
Если двухмерный кристалл графена свернуть в цилиндр, то получится нанотрубка.

Диаметр нанотрубки составляет несколько десятков нанометров (отсюда и название — нанотрубка), а её длина достигает нескольких сантиметров.

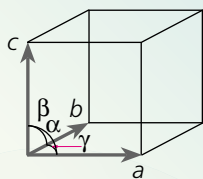
Графены, нанотрубки и фуллерены положили начало развитию нанотехнологий.

Хотя термин «нанотехнология» появился давно, он до сих пор не имеет определения, которое удовлетворило бы всех учёных. РОСНАНО определяет нанотехнологии как совокупность технологических методов и приёмов, которые используются при изучении и создании объектов размерами по любому направлению не более 100 нм. Нанотехнологии направлены на создание новых материалов, обладающих качественно новыми свойствами.

За изучение свойств графенов русским учёным, работающим в настоящее время в США, А.К. Гейму и К.С. Новосёлову в 2010 г. была присуждена Нобелевская премия по физике.



В общей сложности аллотропных видоизменений углерода насчитывается около десятка.

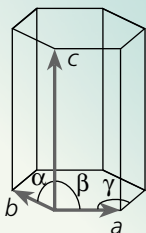


Кубическая

$$a = b = c;$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

NaCl
Cu
Ag
CaO



Гексагональная

$$a = b \neq c;$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ; \gamma = 120^\circ$$

C
H₂O



ШЕСТЬ ФОРМ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЁТКИ

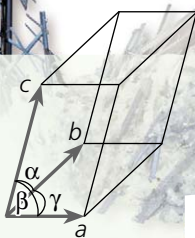
Форма кристаллической решётки определяется расположением в пространстве частиц (атомов, молекул, ионов), образующих кристалл. Если не принимать во внимание природу частиц, находящихся в узлах кристаллических решёток, то всё многообразие кристаллов может быть сведено к шести основным формам.

Простейший пример пространственного расположения частиц — куб. В кубических кристаллических решётках все частицы расположены на равном расстоянии друг от друга, а воображаемые линии, соединяющие частицы, пересекаются под прямым углом.

Кубическую кристаллическую решётку имеет алмаз, а другое простое вещество, образованное атомами углерода, — графит — имеет гексагональную кристаллическую решётку.

Несколько форм образованы на основе параллелепипеда.

Исторически первым стало разделение кристаллических решёток на шесть сингоний. Позднее была предложена классификация по кристаллическим системам, которая в целом совпадает с сингониями, но отличается тем, что гексагональная сингония разделена на две системы: тригональную и гексагональную. Таким образом, с точки зрения этой классификации существует семь основных пространственных форм кристаллических решёток.

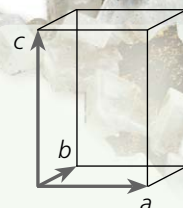
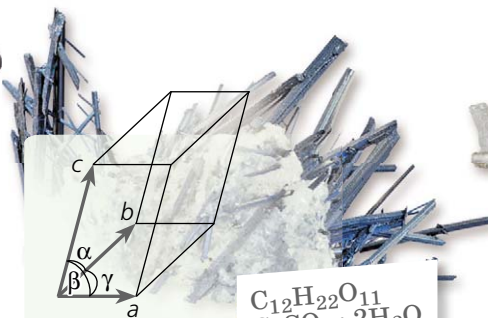


Моноклинная

$$a, b, c \text{ — произвольные};$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ; \beta \neq 90^\circ$$

C₁₂H₂₂O₁₁
CaSO₄ · 2H₂O

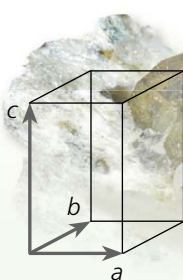
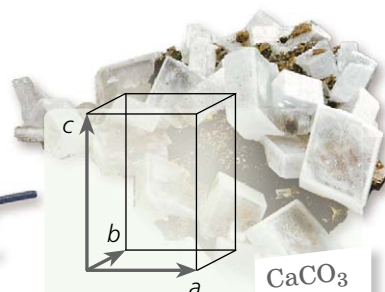


Ромбическая

$$a, b, c \text{ — произвольные};$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

CaCO₃
I₂

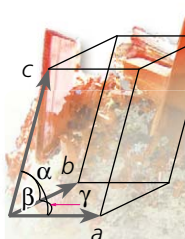
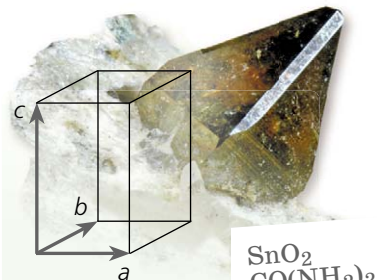


Тетрагональная

$$a = b \neq c;$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

SnO₂
CO(NH₂)₂

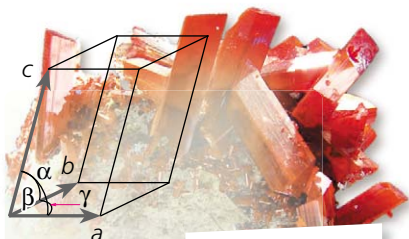


Триклинная

$$a, b, c \text{ — произвольные};$$

$$\alpha, \beta, \gamma \text{ — произвольные}$$

K₂Cr₂O₇
CuSO₄ · 5H₂O



ПОЛИМОРФИЗМ Многие вещества могут образовывать кристаллы разных форм. Для серы, например, известны моноклинная и ромбическая формы.



Полиморфизм (от греческих *πολυ* — много и *μορφη* — форма) — способность одного и того же вещества кристаллизоваться в различных формах.

Другие вещества также образуют несколько полиморфных форм:



Арагонит

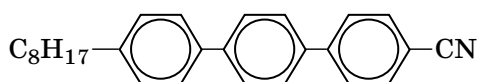
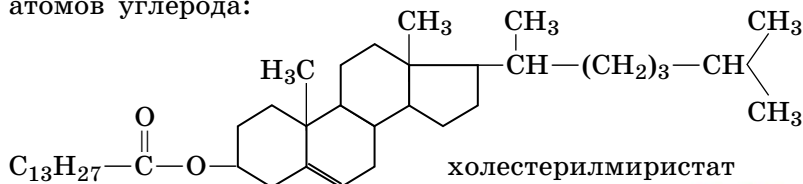
Кальцит



Рутил

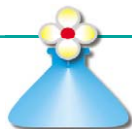
Анализ

ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ Среди органических соединений есть вещества, которые обладают некоторыми свойствами кристаллов, хотя, строго говоря, кристаллами не являются уже хотя бы потому, что они жидкости, а не твёрдые вещества. Эти сложные органические соединения называют жидкими кристаллами. Молекулы даже простейших из них состоят из большого числа атомов углерода:

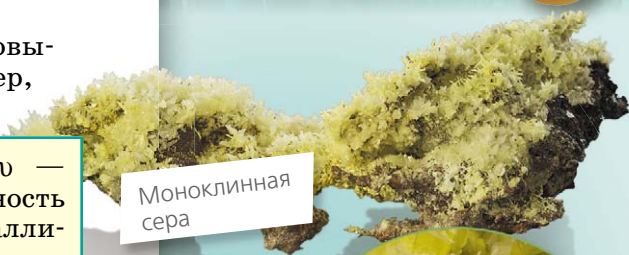


4-циано-4'-октилтерфенил

Большие молекулы этих веществ располагаются упорядоченно, как частицы в узлах кристаллических решёток.



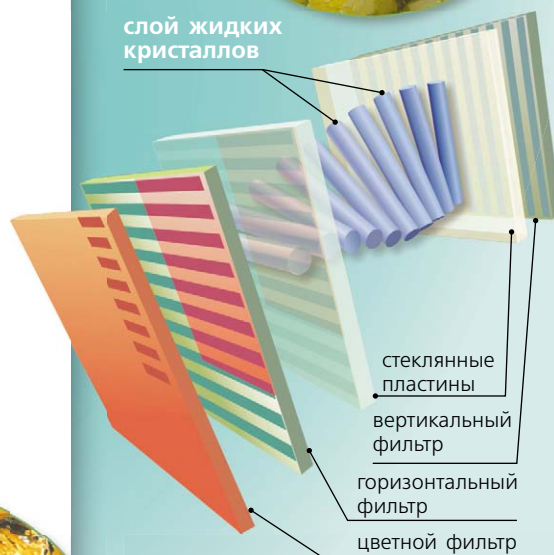
Некоторые жидкие кристаллы изменяют свою окраску при изменении температуры, что используется в изготовлении высокоточных приборов для измерения температуры. Способность других жидких кристаллов изменять вращение плоскости поляризации света под действием изменяющегося электромагнитного поля нашла применение в средствах отображения информации (жидкокристаллические, или LCD, мониторы компьютеров, экраны телевизоров и пр.).



Моноклинная сера



Ромбическая сера



5.8. Схема устройства жидкокристаллического экрана



5.9. Микрофотография жидких кристаллов

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

Представьте содержание параграфа в виде схемы. Форму схемы и поясняющие примеры выберите самостоятельно, но не используя примеры из текста параграфа.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Формулы каких веществ записывают с использованием квадратных скобок.
- Почему в веществе, образующимся при растворении гидроксида алюминия в растворе щёлочи, валентность алюминия много больше трёх.
- Как кровь переносит кислород в ткани.

ВСПОМНИТЕ:

- Химические свойства алюминия.
- Качественные реакции на ионы железа(II) и железа(III).

В 1893 г. швейцарский химик А. Вернер объяснил образование комплексных соединений на основе созданной им теории. В 1913 г. за работы по химии комплексных соединений он был удостоен Нобелевской премии.

Многие кристаллогидраты, с которыми вы познакомились в 9 классе, представляют собой комплексные соединения:

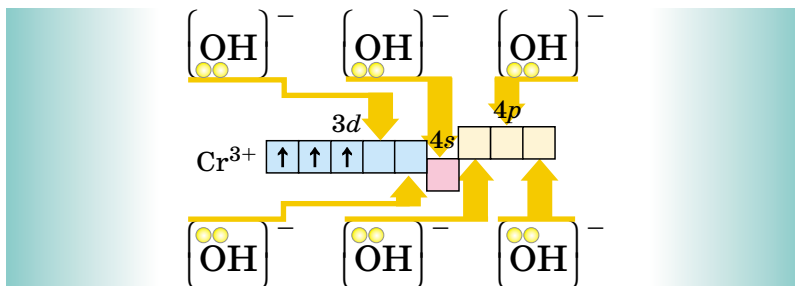
$\text{BeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и др.

КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Важную роль в жизни растений и животных (человек не исключение) играют так называемые комплексные соединения: комплексное соединение магния — хлорофилл — обеспечивает фотосинтез, комплексное соединение железа, входящее в гемоглобин, осуществляет перенос кислорода в организме. Познакомимся с некоторыми комплексными соединениями.

СТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Комплексы состоят из комплексообразователя и присоединённых к нему частиц, которые называются лигандами. Комплексообразователь — это атом или ион металла, у которого есть *d*-орбитали, например атом железа, ион алюминия. В известной вам жёлтой кровяной соли комплексообразователь — ион железа(II), а лиганды — цианид-ионы CN^- . Комплексообразователь и лиганды, связанные друг с другом ковалентной связью, образуют внутреннюю сферу комплекса. Ковалентные связи во внутренней сфере комплекса образуются по донорно-акцепторному механизму, например образование комплексного иона $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$:



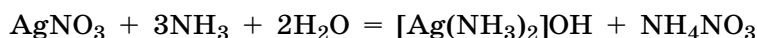
Донор электронной пары — лиганд, а акцептор — ион металла, предоставляющий для размещения неподелённой электронной пары лиганда незаполненные орбитали. Лигандами могут быть ионы (фторид F^- , хлорид Cl^- , цианид CN^- , гидроксид OH^-) или нейтральные молекулы H_2O , NH_3 .

Растворимые в воде комплексные соединения диссоциируют:



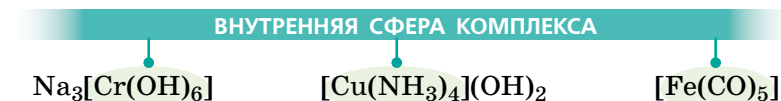
В первом примере внешняя сфера образована катионами, а внутренняя — анион. Во втором примере наоборот: внешняя сфера — анионы, внутренняя — катион.

Известный вам реактив на альдегидную группу «аммиачный раствор оксида серебра» — комплексное соединение:

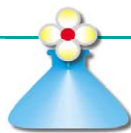
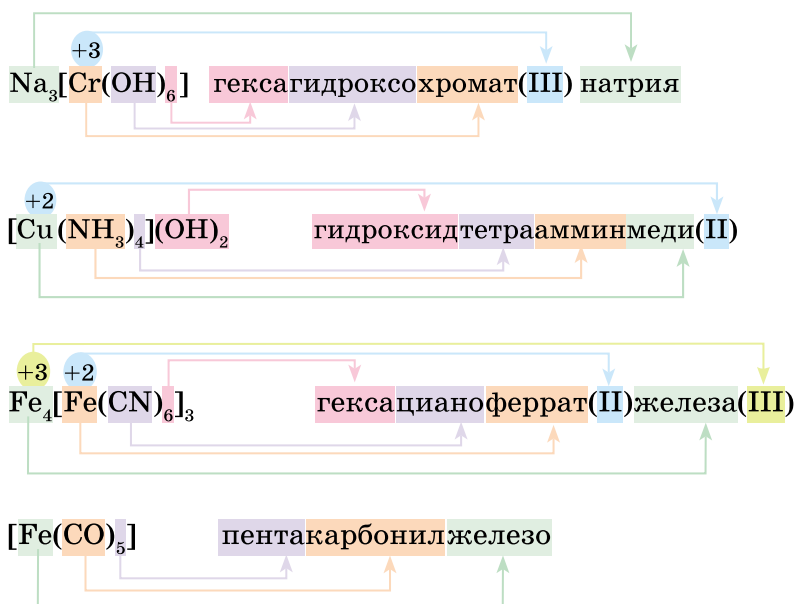


НОМЕНКЛАТУРА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ Как известно, номенклатура веществ складывается из двух групп правил: правила написания формул и правила составления названий.

В формулах комплексных соединений внутреннюю сферу выделяют с помощью квадратных скобок:



При составлении названий комплексных соединений сначала записывают название аниона в именительном падеже, затем — название катиона в родительном падеже. Приведём несколько примеров.



Гемоглобин — белок, обладающий четвертичной структурой, состоящей из четырёх белковых молекул. В каждой из них есть небелковая часть — гем — комплексное соединение железа(II). Атом железа со степенью окисления +II может образовать шесть общих электронных пар с другими атомами, а в геме он образует только четыре простых ковалентных связи. Пятую ковалентную связь железо образует с белковой молекулой (атомом азота из остатка аминокислоты гистидина). Шестая связь образуется в лёгких с молекулой кислорода. В тканях молекула кислорода замещается молекулой углекислого газа, который затем выводится из организма через лёгкие. Когда угарный газ попадает в лёгкие, он образует с гемоглобином более прочное комплексное соединение, вследствие чего гемоглобин утрачивает способность переносить кислород.

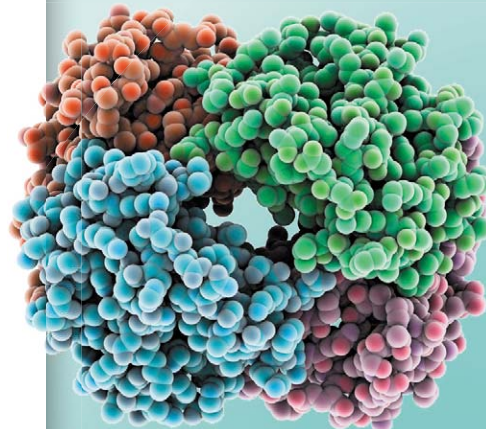
МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплексные соединения.

«ПОМОЩНИК»

- Получите комплексные соединения алюминия, хрома(III) и меди.
- Составьте уравнения проведённых химических реакций.
- Опишите внешний вид полученных растворов.

5.10. Модель молекулы гемоглобина: четыре одинаковые белковые молекулы окрашены в разные цвета



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

● Когда А. Вернер (1866–1919) создавал теорию комплексных соединений, он ввёл понятие о побочной (дополнительной) валентности атомов. Объясните с точки зрения электронной теории химической связи природу побочной валентности на примере гидроксида тетраамминмеди(II), в котором медь четырёхвалентна.

● При растворении золота в царской водке (смесь концентрированных азотной и соляной кислот) образуется комплексное соединение $\text{H}[\text{AuCl}_4]$, а азот восстанавливается до степени окисления +2. Составьте уравнение этой химической реакции и назовите комплексное соединение золота.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

● Новые подходы к определению некоторых классов соединений.

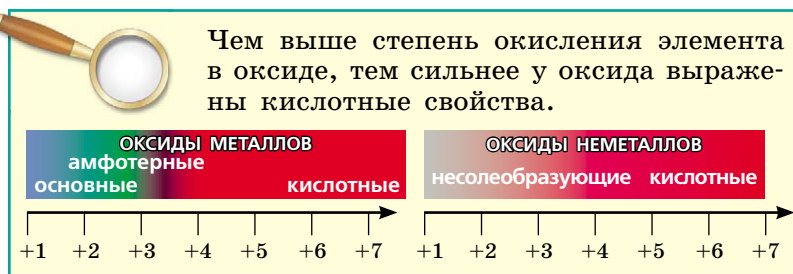
ВСПОМНИТЕ:

● Определения и характерные химические свойства основных классов неорганических соединений.

МНОГООБРАЗИЕ ВЕЩЕСТВ

Оксиды, кислоты, основания, соли... К их классификации и свойствам вы неоднократно обращались на уроках химии. Вспомним, что вы уже знаете, и дополним имеющиеся знания новыми.

ОКСИДЫ По своим химическим свойствам оксиды делятся на несколько подклассов. Если оксид в результате какой-либо реакции можно превратить в соль, его относят к группе солеобразующих оксидов. Существуют оксиды, которые не образуют солей, их относят к несолеобразующим. Солеобразующие оксиды по способности взаимодействовать с кислотами и основаниями делятся на три группы.



ГИДРОКСИДЫ Выделяют три большие группы гидроксидов.

Чем выше степень окисления элемента в гидроксиде, тем сильнее у гидроксида выражены кислотные свойства.

Каждая из групп гидроксидов: основания, кислоты, амфотерные гидроксиды — имеет характерные общие свойства, которые легко объясняются с позиции теории электролитической диссоциации.

ТЕОРИЯ АРРЕНИУСА—ОСТВАЛЬДА Первое объяснение кислотно-основных свойств веществ дал В. Оствальд на основе теории электролитической диссоциации С. Аррениуса. Согласно этой теории кислоты в растворе распадаются на положительно заряженные ионы водорода и анионы кислотных остатков. Под такое определение кислот попадают:

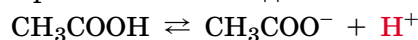
а) водородные соединения некоторых неметаллов:



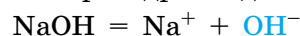
б) некоторые гидроксиды неметаллов и металлов:



в) некоторые органические соединения:



С позиций этой теории основания в результате диссоциации дают в раствор гидроксид-ионы:

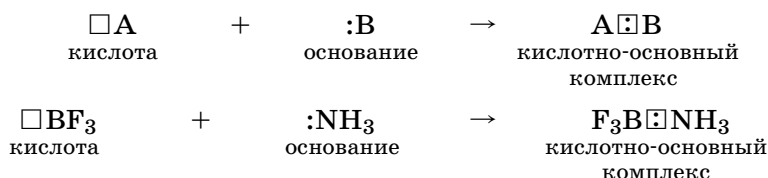


И ионы водорода, и гидроксид-ионы изначально входили в состав веществ, подвергшихся электролитической диссоциации. Но гидроксид-ионы появляются в водных растворах и таких веществ, в составе которых их нет. Щелочную реакцию среды имеют растворы аммиака и метиламина, но ни в молекулах аммиака, ни в молекулах метиламина гидроксильных групп нет.

ТЕОРИЯ БРЁНСТЕДА—ЛОУРИ Согласно теории И. Брёнстед (Дания) и Т. Лоури (Великобритания) кислотой будет любое вещество, которое в химических реакциях является донором протонов. Основанием следует считать вещество, которое присоединяет протоны, т.е. является их акцептором.

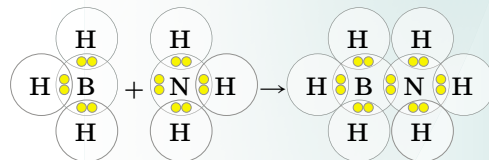
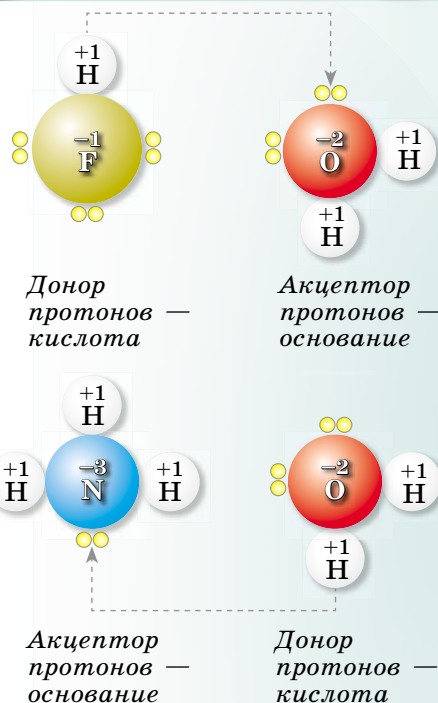
По Брёнстеду—Лоури кислота — донор протонов, основание — акцептор протонов.

ТЕОРИЯ ЛЬЮИСА По теории Льюиса кислотами могут быть любые частицы, у которых есть свободные валентные орбитали. Так, у протона есть свободная орбиталь, поэтому протон — кислота. Свободные орбитали есть в молекулах галогенидов металлов, например ZnCl_2 , AlCl_3 , FeCl_3 , FeBr_3 и др.



СОЛИ Соединения этого обширнейшего класса можно классифицировать по разным основаниям.

Основание классификации	Название подкласса	Пример
Состав	Кислые	NaHCO_3
	Средние	Na_2CO_3
	Основные	$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$
Растворимость в воде	Растворимые	Na_2SO_4
	Малорастворимые	Ag_2SO_4
	Практически нерастворимые	BaSO_4
Степень диссоциации	Сильные электролиты	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
	Слабые электролиты	$\text{Fe}(\text{SCN})_3$
Взаимодействие с водой	Гидролизующиеся	ZnCl_2
	Негидролизующиеся	NaCl



Разные теории с разных сторон подходят к проблеме кислотно-основных свойств веществ. Выбор той или иной теории зависит от того, какие вещества и в каких конкретных химических реакциях рассматриваются. В одном случае предпочтительнее теория Аррениуса, в другом — Брёнстеда-Лоури. В органической химии наиболее часто используется теория Льюиса.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

По выбору подготовьте презентацию, посвящённую одному из классов соединений.

ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

- Все виды химической связи имеют одну электронную природу. Полярность связи зависит от разности электроотрицательностей атомов. Границы между ковалентными и ионными соединениями нет.
- Многообразие веществ объясняется существованием явлений аллотропии, изомерии, изотопии, полиморфизма.
- Полиморфизм — способность одного и того же вещества кристаллизоваться в различных формах.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

Энциклопедическая статья
«Химическая связь»

<http://gotourl.ru/11303>

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Для маленьких детей любой металл — железо. Попробуйте объяснить, что металлы бывают разными, что их нельзя называть одним словом «железо»? Нарисуйте схему опыта, которым можно сопроводить ваше объяснение.
- Лауреат Нобелевской премии по химии 1927 г. Г. Виланд писал в частном письме: «Дорогой коллега, оставьте, пожалуйста, Ваши представления о больших молекулах; органических молекул с молекулярным весом свыше 5000 не существует. Если Вы хорошо очистите исследуемые Вами продукты, как, например, каучук, тогда он закристаллизуется и обнаружит свой низкомолекулярный характер». Ваш комментарий?



Глава VI

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

- МНОГООБРАЗИЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ
- УПРАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
- ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ
- ГИДРОЛИЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ
- ГИДРОЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
- ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ
- КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ
- ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСПЛАВОВ И РАСТВОРОВ
- РАССТАНОВКА КОЭФФИЦИЕНТОВ В УРАВНЕНИЯХ ОВР
- ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ
- ИСТИННЫЕ РАСТВОРЫ
- КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ
- РЕАКЦИИ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

Ржавление железа, выцветание красок на воздухе, добывание металлов из руд, приготовление многочисленных предметов торговли и ремёсел, приготовление лекарств — одним словом, все новые формы или явления, замечаемые при помощи чувств во время прикосновения разнородных тел между собой, основаны, с весьма немногими исключениями, на химическом соединении или разложении.

Немецкий учёный Ю. Либих.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Различия в типах химических реакций неорганических и органических веществ.
- Как характеризуют химические реакции.

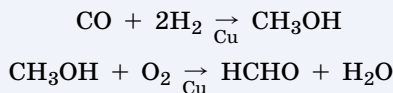
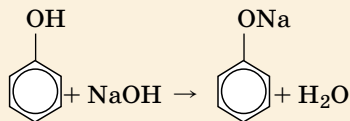
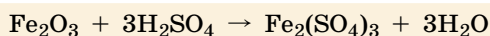
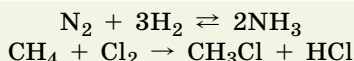
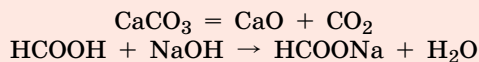
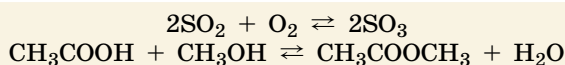
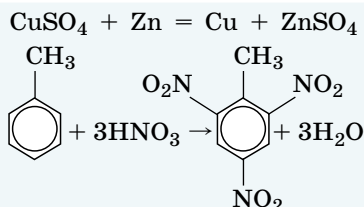
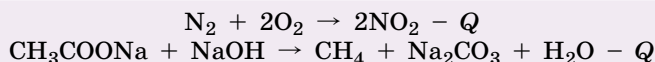
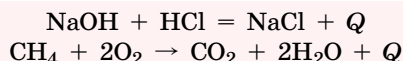
ВСПОМНИТЕ:

- Известные вам типы химических реакций и их определения.

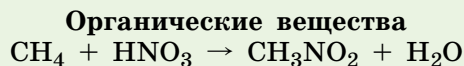
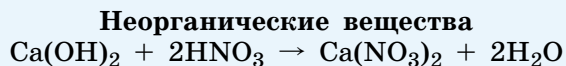
Основания классификации**Типы химических реакций****Тепловой эффект****Экзотермические****Эндотермические****Обратимость****Необратимые****Обратимые****Изменение степеней окисления атомов****Без изменения****С изменением****Использование катализатора****Некаталитические****Каталитические****МНОГООБРАЗИЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**

Всё многообразие химических реакций можно свести к сравнительно небольшому числу типов, что значительно упрощает их изучение.

ОБЩИЕ ОСНОВАНИЯ КЛАССИФИКАЦИИ Единая материальная природа неорганических и органических веществ, генетические связи между ними дают возможность найти общие основания для классификации химических превращений.



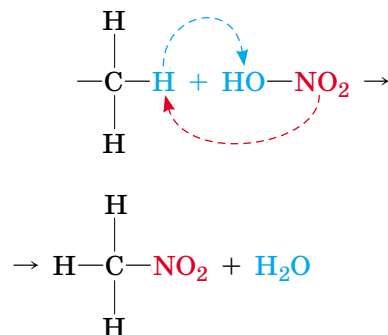
ОСОБЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ПО СОСТАВУ ИСХОДНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ Сравним две химические реакции:



Исходя из определения: «Реакции обмена — реакции между двумя сложными веществами, в ходе которых сложные вещества обмениваются своими состав-

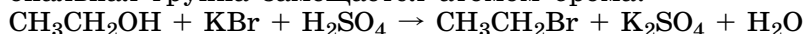
ными частями», обе эти реакции относятся к данному типу. Однако реакцию нитрования метана относят к реакциям замещения.

Обратим внимание на то, что реакция между метаном и азотной кислотой не подпадает под определение реакций замещения: «Реакции замещения — реакции между сложным и простым веществом, в результате которой образуется новое простое и новое сложное вещество». Почему же данную реакцию и ей подобные относят к реакциям замещения?



В органической химии при определении типа химической реакции принято за основу брать изменения в молекулах органических веществ.

Химическую реакцию между этиловым спиртом и бромоводородом тоже относят к реакциям замещения, поскольку в молекуле органического вещества функциональная группа замещается атомом брома.

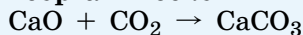


ПРАВИЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМИНОЛОГИИ Сходные по своей сути типы химических реакций в неорганической и органической химии имеют разные названия. Сравните:

Обобщённая схема:

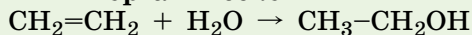


В неорганической химии



реакция соединения

В органической химии

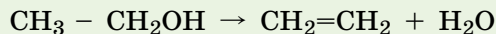


реакция присоединения

Обобщённая схема:



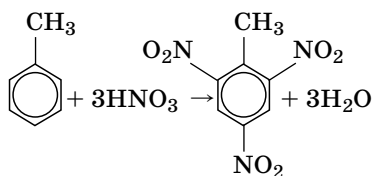
реакция разложения



реакция элиминирования (отщепления)

Называя тип, к которому относят ту или иную химическую реакцию, необходимо правильно использовать исторически сложившиеся названия типов химических реакций.

ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ Для классификации химических реакций могут быть использованы разные основания:



- замещения;
- экзотермическая;
- необратимая;
- каталитическая;
- окислительно-восстановительная.

Чем больше оснований использовано, тем полнее дана характеристика химической реакции.

Для реакций органических веществ большое значение имеют их механизмы. Так, в реакциях замещения выделяют реакции радикального, электрофильного и нуклеофильного замещения. Подробно механизмы реакций органических веществ рассматриваются в углублённом курсе химии.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

Приведите свои примеры химических реакций для каждого из типов.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

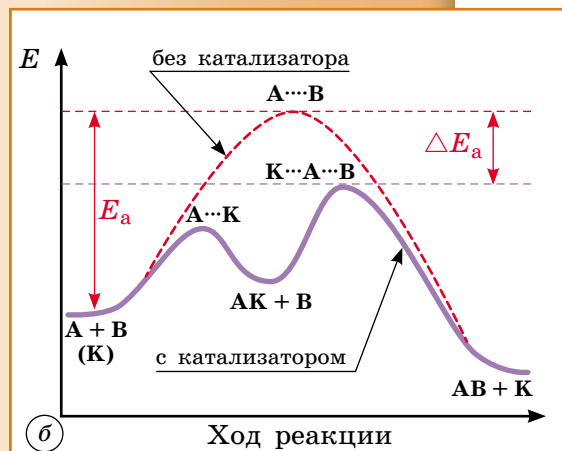
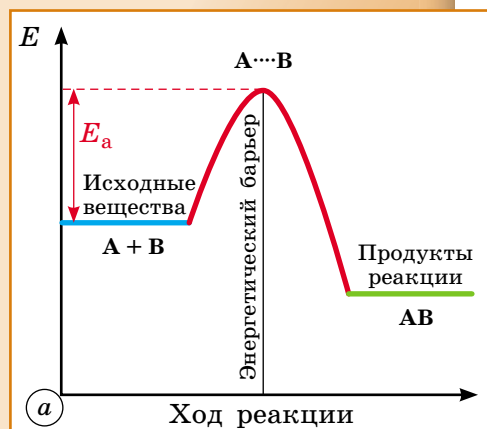
● Основные способы управления химическими реакциями.

ВСПОМНИТЕ:

● Определения понятий «скорость химической реакции» и «химическое равновесие».

● Какие факторы и как влияют на скорость химической реакции.

6.1. Схема энергетического профиля реакции в отсутствии катализатора (а), в присутствии катализатора (б)



УПРАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

В 9 классе вы познакомились с четырьмя способами увеличения скорости химической реакции и одним способом смещения химического равновесия. Без ответов остались вопросы о принципе действия катализаторов, о влиянии давления и температуры на положение химического равновесия.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ

Механизм действия катализаторов очень сложен, и для его понимания требуются глубокие знания математики и физики. Поэтому здесь мы рассмотрим только принцип действия катализаторов.

Химические реакции между веществами происходят тогда, когда частицы, образующие вещества, сталкиваются друг с другом. Но далеко не каждое столкновение частиц приводит к образованию новых веществ. Чтобы произошла химическая реакция, сталкивающиеся частицы должны обладать достаточной энергией. Минимальное значение энергии взаимодействующих частиц, которое приводит к образованию новых веществ, называют **энергией активации**.

Простейший способ увеличить энергию частиц — нагреть исходные вещества. Но этот способ неприменим к большинству органических веществ из-за их термической неустойчивости.

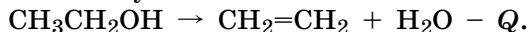
Другой способ заключается в снижении энергии активации химической реакции, т.е. понижении энергетического барьера на пути реакции. Это достигается за счёт образования промежуточных соединений с веществами, которые и называют катализаторами.



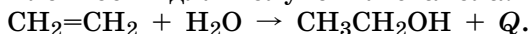
Принцип действия катализатора состоит в уменьшении энергетического барьера за счёт образования промежуточных соединений.

ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ И ТЕМПЕРАТУРА

Вспомните, как в 10 классе во время практического занятия вы получали этилен из этилового спирта:

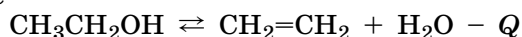


Обратная химическая реакция используется в промышленности для получения этанола:



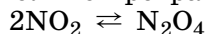
Нагревание смещает химическое равновесие в сторону образования продуктов эндотермической реакции, а охлаждение — в сторону продуктов экзотермической реакции.

Следовательно, если мы хотим сместить равновесие в системе



в сторону образования этилена, реакционную смесь нужно нагревать. И напротив, если стоит задача получения этилового спирта из этилена и воды, реакционную смесь нужно охлаждать.

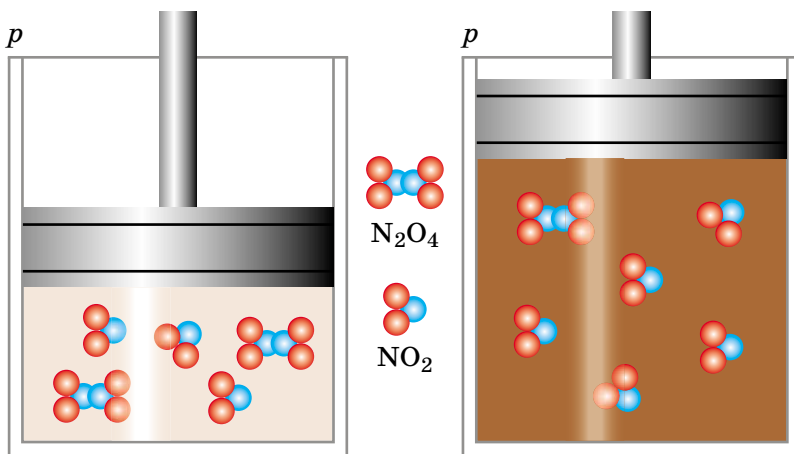
ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ И ДАВЛЕНИЕ ГАЗОВ Оксид азота(IV) существует в двух формах, которые различаются окраской и постоянно превращаются друг в друга:



тёмно-бурый бесцветный

Посмотрев на коэффициенты в этом химическом уравнении, мы обнаружим, что в ходе прямой реакции объём газа уменьшается в два раза, а при обратной реакции объём увеличивается в два раза.

Если мы будем постепенно увеличивать давление в прозрачном сосуде, в котором находится оксид азота(IV), то заметим, как бурая окраска постепенно ослабевает, и газ становится практически бесцветным. Понижение давления приводит к прямо противоположному результату: бурая окраска газа усиливается, и при достаточно низком давлении газ становится почти чёрным.



ПРИНЦИП ЛЕ ШАТЕЛЬЕ Изменения концентрации, давления, температуры — всё это внешние воздействия, которые мы оказываем на систему, находящуюся в положении химического равновесия. И система реагирует на эти воздействия, как живое существо: стремится уменьшить это воздействие и вернуться в состояние химического равновесия.

Впервые это положение сформулировал французский химик А. Ле Шателье.

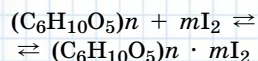


Система, находящаяся в состоянии химического равновесия, на внешнее воздействие отвечает так, чтобы уменьшить это воздействие.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Влияние температуры на положение химического равновесия.

1. Изучите влияние температуры на положение химического равновесия в системе:



2. Определите, какая из двух реакций (прямая или обратная) является экзотермической.

«ПОМОЩНИК»

- К выданному вам в пробирке крахмальному клейстеру добавьте одну каплю иодной воды. Полученный раствор разделите на три части.
- Первую пробирку оставьте для контроля.
- Вторую пробирку опустите в стакан с охлаждающей смесью.
- Третью пробирку поместите в стакан с кипящей водой.
- Сравните окраску холодного и горячего растворов с контрольным и сделайте выводы.

Твёрдые вещества и жидкости практически не изменяют своего объёма при изменении давления. Поэтому с помощью давления можно влиять на положение химического равновесия только в том случае, если в состав системы входят газы.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Как вы думаете, можно ли сместить химическое равновесие с помощью катализатора? Обоснуйте вашу точку зрения.
- Составьте уравнение химической реакции взаимодействия водорода с азотом. Предложите три разных способа смещения химического равновесия в этой системе в сторону образования аммиака.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как происходит диссоциация воды.
- Что скрывается за латинскими буквами pH.

ВСПОМНИТЕ:

- Что в математике называют логарифмом?
- Как изменяется окраска известных вам индикаторов в растворе кислоты; в растворе щёлочи?

В каждом литре чистой воды содержится:

0,0000001 моль ионов водорода (0,0000001 г) и
0,0000001 моль гидроксид-ионов (0,0000001 г).

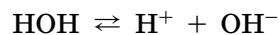
Ионное произведение воды зависит от температуры:

$t, ^\circ\text{C}$	$K_w \cdot 10^{-14}$
0	0,13
10	0,36
20	0,86
22	1,00
30	1,89
40	3,80
50	5,95
60	12,60
70	21,00
80	34,00

ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ

Вода — очень слабый электролит, и её диссоциацией мы обычно пренебрегаем. Однако в некоторых случаях приходится учитывать диссоциацию воды.

ВОДА КАК ЭЛЕКТРОЛИТ Запишем уравнение диссоциации воды:



Обратим внимание на то, что при диссоциации одной молекулы воды образуется один ион водорода и один гидроксид-ион, следовательно, концентрации этих ионов в чистой воде будут одинаковыми. Исследованиями установлено, что при $t = 22^\circ\text{C}$ концентрации ионов водорода и гидроксид-ионов равны $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л.

Образовавшийся в результате диссоциации воды ион водорода моментально образует ковалентную связь с атомом кислорода другой молекулы воды по донорно-акцепторному механизму. Образовавшийся ион H_3O^+ называют ионом гидроксония. Далее мы будем записывать формулу негидратированного иона водорода, это никак не отразится на общих выводах.

При добавлении в воду кислоты увеличивается концентрация ионов водорода. Поскольку процесс диссоциации воды является обратимым, происходит смещение химического равновесия в сторону образования молекул воды, но произведение концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов остаётся таким же, как и в чистой воде:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14} = \text{const.}$$

Произведение молярных концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов в любом водном растворе есть величина постоянная и называется **ионным произведением воды, K_w** .

Из этого следует, что во сколько раз увеличивается концентрация ионов водорода, во столько же раз уменьшается концентрация гидроксид-ионов. При этом из водного раствора не может полностью исчезнуть ни один из этих ионов.

ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ В химически чистой воде концентрации ионов водорода и гидроксид-ионов равны. В желудочном соке человека концентрация ионов водорода приблизительно равна 10^{-1} моль/л, а в слюне — около 10^{-6} моль/л. Сравнивать такие величины неудобно, поэтому для характеристики среды растворов используют водородный показатель.

Водородный показатель — отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации ионов водорода в растворе:
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$

Таким образом, водородный показатель желудочного сока будет равен $pH = -\lg 10^{-1} = 1$, а слюны $pH = -\lg 10^{-6} = 6$. Водородный показатель хорошо известного вам водного раствора аммиака равен 11,6. Сравним эти величины с водородным показателем чистой воды.

Концентрация ионов водорода в желудочном соке и в слюне больше, чем в чистой воде, а водородный показатель — меньше. Желудочный сок и слюна — это кислые растворы. В растворе аммиака ионов водорода меньше, чем в чистой воде, а водородный показатель больше. Вы помните, что раствор аммиака — щёлочь.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДЫ РАСТВОРА

В 8 классе вы определяли реакцию среды водных растворов, используя индикаторы: фенолфталеин, лакмус и метилоранж. Каждый из этих индикаторов изменяет свою окраску в определённом диапазоне значений водородного показателя. Легко заметить, что метил-оранж имеет жёлтую окраску не только в щелочной, но и в нейтральной среде, а его оранжевая окраска появляется в растворах с довольно большой концентрацией ионов водорода. Лакмус может быть фиолетовым не только в нейтральной, но и в кислой среде, а фенолфталеин — бесцветным в сильнощелочных растворах.

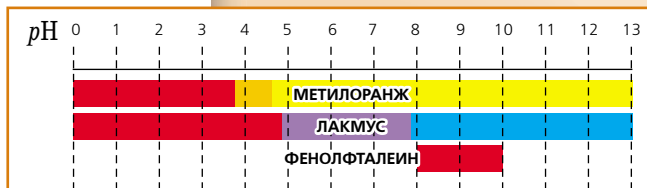
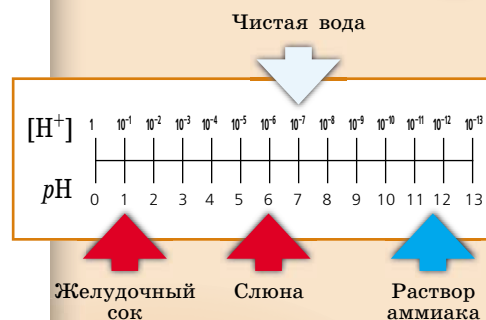
ИЗМЕРЕНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДЫ РАСТВОРА Для определения реакции среды с точностью до единицы pH используют универсальный индикатор — смесь специально подобранных индикаторов, изменяющая свою окраску по мере увеличения (или уменьшения) водородного показателя раствора. На практике используют полоски фильтровальной бумаги, пропитанной раствором универсального индикатора, а pH определяют, сравнивая цвет индикаторной полоски с цветной шкалой на упаковке.

Для более точного измерения водородного показателя используют приборы — pH -метры.



Последствия изменения pH для обитателей водоёмов

pH	Наблюдаемый эффект
6,5	Обычная кислотность пресного водоёма
6,0	Исчезает планктон, гибнут пескари
5,6	Покровы речных раков и моллюсков становятся мягкими, на них появляются паразиты. Икра поражается плесневым грибом
4,2	Гибнут все рыбы и многие насекомые
3,9	Гибнут пиявки и лягушки
2,0	Гибнут водоросли, растения и все насекомые



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Реакция среды раствора.

«ПОМОЩНИК»

- Пользуясь разными индикаторами, определите реакцию среды одного и того же раствора.
- Измерьте водородный показатель этого же раствора.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Для нормального развития осоки Carex pH почвы должен быть в пределах от 4,5 до 4,9. Что и почему произойдёт с осокой, если на берегу водоёма, в котором она растёт, прямо на земле складировать гашёную известь?
- В рекламных телевизионных роликах часто можно услышать выражение « pH -безвредная формула». Дайте оценку этому и подобным ему выражениям, которые вы могли слышать, с точки зрения правильности использования химической терминологии в разговорном языке.

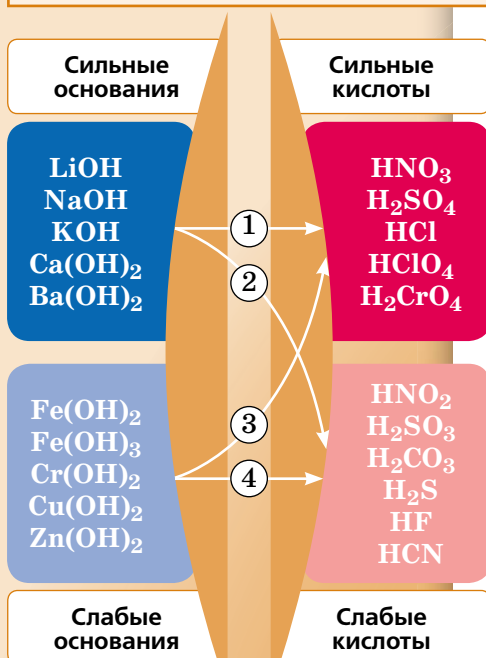
ВЫ УЗНАЕТЕ:

Как можно изменять реакцию среды водных растворов, не используя кислоты или щёлочи.

ВСПОМНИТЕ:

Чем отличаются друг от друга сильные и слабые кислоты; сильные и слабые основания?

Какие химические реакции называют реакциями нейтрализации?

**Примеры**

- ① NaNO₃, KCl
- ② Li₂SO₃, KNO₂
- ③ CuCl₂, AlCl₃
- ④ (NH₄)₂SO₃, Fe(NO₂)₃

ГИДРОЛИЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ

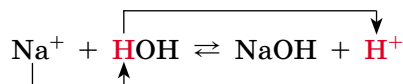
В основной школе вы познакомились со свойствами кислот, оснований и солей как электролитов, но не рассматривали возможность взаимодействия солей с водой. Растворение многих солей не ограничивается диссоциацией вещества: образовавшиеся ионы при определённых условиях могут вступить в реакцию с водой. Такое взаимодействие получило название **гидролиза солей**.

КЛАССИФИКАЦИЯ СОЛЕЙ Любую соль можно рассматривать как продукт взаимодействия кислоты и основания. Кислоты и основания могут быть как сильными электролитами, так и слабыми. Следовательно, существует только четыре типа солей, образованных: 1) сильным основанием и сильной кислотой; 2) сильным основанием и слабой кислотой; 3) слабым основанием и сильной кислотой; 4) слабым основанием и слабой кислотой.

СОЛИ СИЛЬНЫХ ОСНОВАНИЙ И СИЛЬНЫХ КИСЛОТ Рассмотрим состав раствора обычной поваренной соли. При растворении кристаллы хлорида натрия разрушаются и в растворе оказываются катионы натрия и хлорид-ионы:

$$\text{NaCl} = \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$$

Молекулы воды притягиваются и к ионам натрия, и к хлорид-ионам. Можно было бы ожидать, что эти ионы будут взаимодействовать с водой. Оценим возможность такого взаимодействия. Если ион натрия вступит в химическую реакцию с молекулой воды, то в результате должен образоваться гидроксид натрия:



Но гидроксид натрия — очень сильное основание, в водном растворе он полностью диссоциирует, а образовавшиеся гидроксид-ионы моментально соединяются с ионами водорода в молекулу воды. Следовательно, катионы металлов, которым соответствуют сильные основания, с водой не взаимодействуют.

Далее приходим к выводу, что и хлорид-ионы не вступают в химическое взаимодействие с молекулами воды, поскольку им соответствует сильная кислота, которая в растворе существует только в виде ионов.

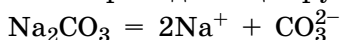
Взаимодействие катионов сильных оснований и анионов сильных кислот с водой ограничивается лишь образованием гидратной оболочки. Катионы слабых оснований и анионы слабых кислот вступают с водой в химическое взаимодействие.



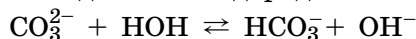
Гидролиз соли — химическая реакция соли с водой.

ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ, ОБРАЗОВАННЫХ СИЛЬНЫМ ОСНОВАНИЕМ И СЛАБОЙ КИСЛОТОЙ

Возьмём стиральную соду (карбонат натрия) и растворим её в воде. В результате растворения карбонат натрия диссоциирует:



Карбонат-иону соответствует слабая угольная кислота, в её молекулах ионы водорода достаточно прочно связаны с анионом. Поэтому карбонат-ионы могут присоединять к себе один ион водорода из молекулы воды:



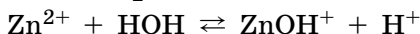
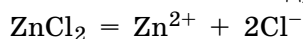
В результате растворения стиральной соды в воде в растворе появляются гидроксид-ионы, которые обуславливают щелочную реакцию раствора.



Соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой, гидролизуются по аниону. Водородный показатель растворов таких солей больше 7. При обычных условиях гидролиз этих солей до конца (то есть до образования свободных кислот и оснований) не идёт.

ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ, ОБРАЗОВАННЫХ СЛАБЫМ ОСНОВАНИЕМ И СИЛЬНОЙ КИСЛОТОЙ

В растворе хлорида цинка с водой взаимодействует катион, так как ему соответствует очень слабое основание — гидроксид цинка:



Из-за появления в растворе ионов водорода раствор приобретает кислую реакцию, которую легко определить с помощью индикатора.

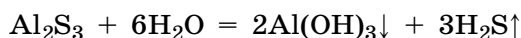


Соли, образованные слабым основанием и сильной кислотой, гидролизуются по катиону. Водородный показатель растворов таких солей меньше 7. При обычных условиях гидролиз этих солей до конца не идёт.

№	Соли		Тип гидролиза	Реакция среды, pH
1	Сильное основание	Сильная кислота	Гидролизу не подвергаются	Нейтральная (pH = 7)
2	Сильное основание	Слабая кислота	Гидролиз по аниону	Щелочная (pH > 7)
3	Слабое основание	Сильная кислота	Гидролиз по катиону	Кислотная (pH < 7)

ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ, ОБРАЗОВАННЫХ СЛАБЫМ ОСНОВАНИЕМ И СЛАБОЙ КИСЛОТОЙ

Соли этого типа часто полностью разлагаются водой, поскольку гидролиз идёт как по катиону, так и по аниону, например:



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



Совместный гидролиз двух солей.

«ПОМОЩНИК»

- Налейте в пробирку 2 мл раствора карбоната натрия и с помощью универсального индикатора измерьте pH этого раствора.
- В другую пробирку налейте 2 мл раствора хлорида алюминия и измерьте его pH.
- Перелейте содержимое первой пробирки во вторую.
- Объясните наблюдения.

Степень гидролиза соли зависит от нескольких факторов:

- 1) от силы кислоты и основания, образующих соль, — чем меньше их сила, тем больше гидролизует соль;
- 2) от разбавления раствора соли — чем меньше концентрация соли в растворе, тем больше соль подвергается гидролизу;
- 3) от температуры раствора — чем выше температура, тем сильнее гидролизует соль. Например, при нагревании раствора ацетата аммония с 25 до 100 °C степень гидролиза соли увеличивается почти в 20 раз.

6.2. Гидролиз солей

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Сформулируйте правила составления ионных уравнений гидролиза.
- Какие из перечисленных солей могут вступать в химическую реакцию с водой: хлорид бария, сульфит натрия, нитрат железа(III)? Напишите уравнения химических реакций.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

Особенности гидролиза органических соединений.

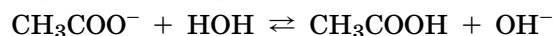
ВСПОМНИТЕ:

Что происходит с углеводами, жирами, белками и нуклеиновыми кислотами пищи в организме человека?

ГИДРОЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

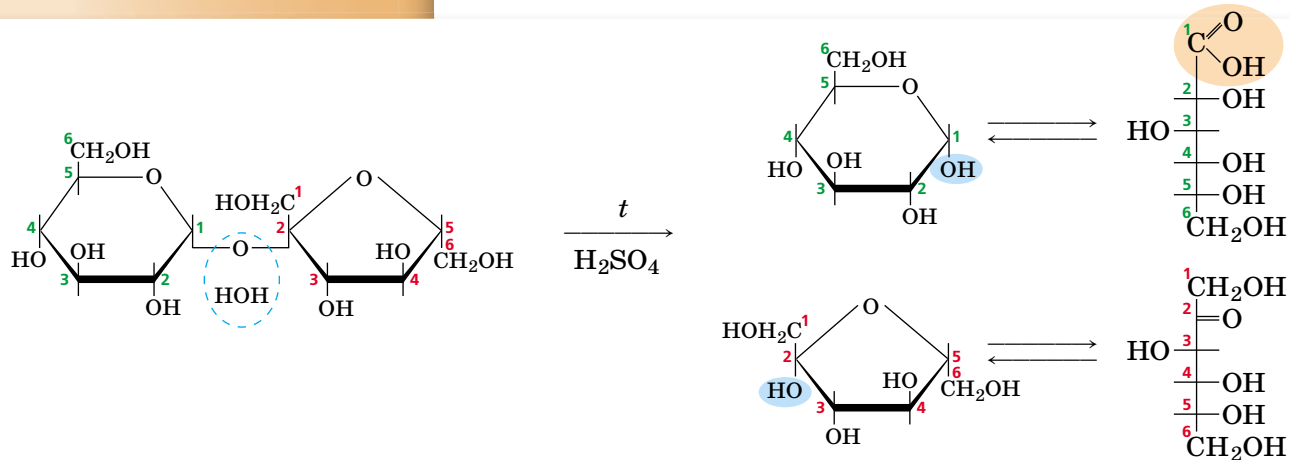
Многие общие понятия химии имеют особенности при их употреблении, когда речь идёт о неорганических и органических веществах. Так было, например, с понятием «реакция замещения». Понятие «гидролиз», сохраняя свой основной смысл — разложение вещества водой, имеет особенности употребления по отношению к органическим соединениям.

ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ Карбоновые кислоты — слабые электролиты, поэтому их растворимые соли подвергаются гидролизу:

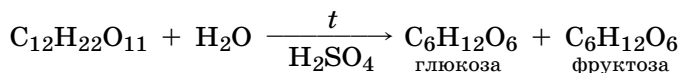


Гидроксид-ионы, присутствующие в растворах солей карбоновых кислот, являются причиной крайне неприятных ощущений, когда мыльная вода попадает в глаза.

ГИДРОЛИЗ ЭФИРОВ Простые и сложные эфиры не растворяются в воде и при обычных условиях с ней не взаимодействуют. Для того чтобы эфиры вступили в химическую реакцию с водой, необходимо использование катализаторов. Например, гидролиз сахарозы в лаборатории протекает при нагревании и в присутствии ионов водорода:

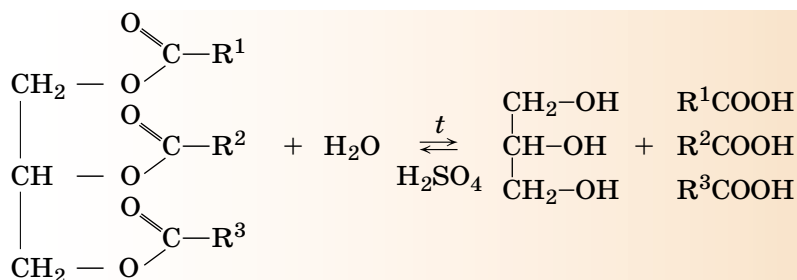


В виде схемы этот процесс можно представить так:

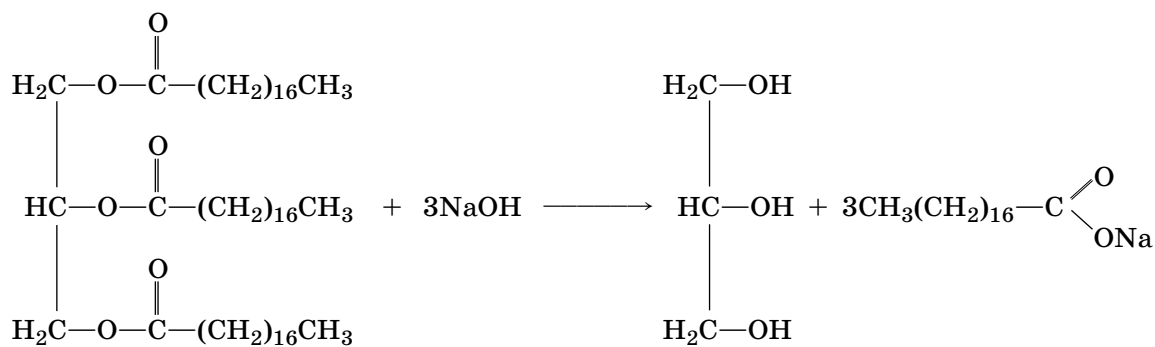


Этот же процесс в живых организмах осуществляется в присутствии ферментов.

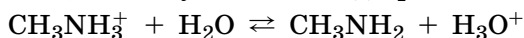
Для гидролиза сложных эфиров также нужны катализаторы: в живых организмах — ферменты; в лабораторных или промышленных условиях — растворы кислот:



В растворах щелочей жиры также разлагаются, и очень часто этот процесс называют щелочным гидролизом, хотя на самом деле такое превращение веществ к гидролизу не имеет отношения, ведь в результате реакции образуется не карбоновая кислота, а её соль:



ГИДРОЛИЗ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ Амины — слабые основания, поэтому их соли подвергаются гидролизу:

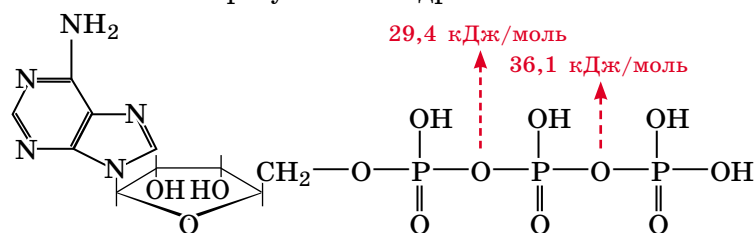


Под действием растворов кислот и щелочей гидролизуются амидные связи в полиамидных волокнах и пептидные связи в белках.

Гидролиз белков и нуклеиновых кислот в живых организмах происходит в присутствии ферментов. Белки гидролизуются до свободных аминокислот, а нуклеиновые кислоты — до азотистых оснований, углеводов и фосфорной кислоты. В таком виде они попадают в клетки, где из них синтезируются свойственные данному организму белки и нуклеиновые кислоты.



Значительную часть энергии, необходимой для жизнедеятельности, организм получает в результате гидролиза АТФ:



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

● Объясните, почему с точки зрения химии продукты питания, содержащие генномодифицированные объекты (ГМО), безопасны для человека. Подсказка содержится в рубрике «Гидролиз азотсодержащих соединений».

● Назовите черты сходства и различия в употреблении термина «гидролиз» в неорганической и органической химии.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

● О роли окислительно-восстановительных реакций в природе.

ВСПОМНИТЕ:

● Вспомните химические свойства простых веществ, с которыми вы познакомились в 9 классе

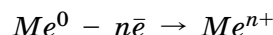
● Что вы узнали об окислительно-восстановительных реакциях на уроках биологии и физики?

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

Протекание окислительно-восстановительных реакций обусловлено различной способностью атомов разных химических элементов удерживать электроны.

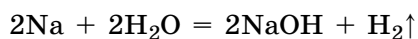
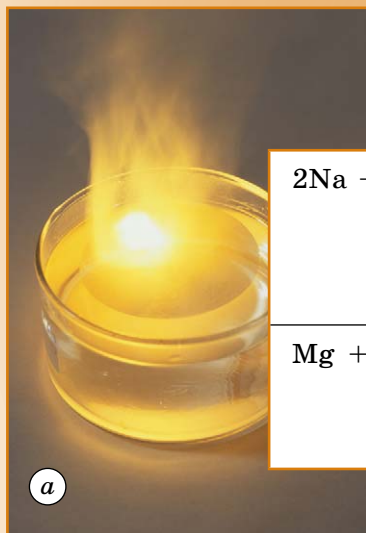
ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

Валентные электроны в атомах металлов слабо связаны с ядром и довольно легко отдаются другим химическим элементам. В общем виде это свойство атомов металлов можно представить в виде такой схемы:

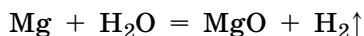


В химических реакциях простые вещества-металлы только восстановители.

Чем меньше сила, удерживающая валентные электроны в атомах металлов, тем больше восстановительная способность простых веществ-металлов. Как вы знаете, в периодах с увеличением зарядов атомных ядер усиливается связь валентных электронов с ядром. Сравним, при каких условиях взаимодействуют с водой два металла третьего периода.

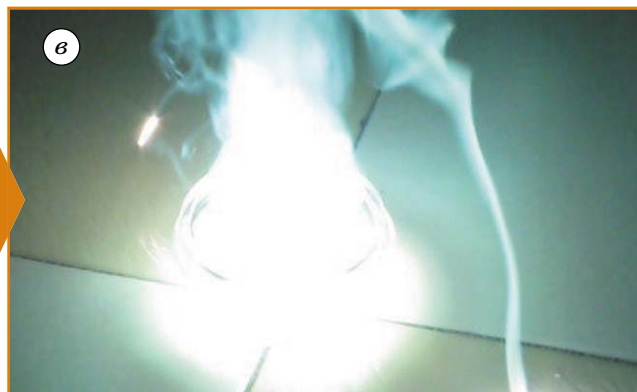


Реакция протекает при обычных условиях, очень бурно. Образующийся водород загорается из-за большого количества теплоты, выделяющегося в ходе реакции.

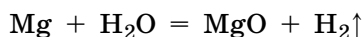


Для начала химической реакции необходимо или горящий магний опустить в воду, или поместить металл в кипящую воду.

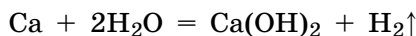
6.3. Реакция взаимодействия натрия с водой (а), реакция взаимодействия магния с водой (б, в)



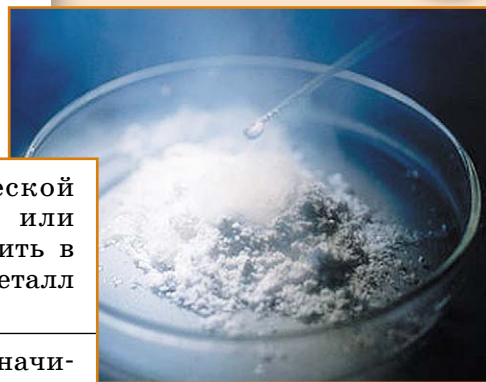
В А-группах (главных подгруппах) связь валентных электронов с ядром ослабевает по мере увеличения зарядов атомных ядер. Поэтому восстановительная способность металлов возрастает:



Для начала химической реакции необходимо или горящий магний опустить в воду, или поместить металл в кипящую воду.



Химическая реакция начинается при обычных условиях и протекает достаточно энергично.



Изменение восстановительной силы металлов А-групп (главных подгрупп в короткой форме периодической таблицы) показано на схеме.

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НЕМЕТАЛЛОВ

В отличие от металлов простые вещества-неметаллы могут проявлять как восстановительные, так и окислительные свойства, например:

Неметалл — восстановитель	Неметалл — окислитель
$\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{Na} + \text{H}_2 = 2\text{NaH}$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}$	$2\text{H}_2 + \text{C} = \text{CH}_4$

Все неметаллы обладают окислительными свойствами, но не все могут быть восстановителями. Так, простые вещества — кислород и галогены — во всех химических реакциях проявляют только окислительные свойства.

Изменение окислительно-восстановительных свойств простых веществ — неметаллов связано с изменением силы, связывающей валентные электроны с ядром атома.

С увеличением зарядов атомных ядер:

● в периодах уменьшается радиус атома, увеличивается сила, связывающая валентные электроны с ядром, следовательно, восстановительные свойства простых веществ ослабевают, а окислительные — усиливаются;

● в группах увеличивается радиус атома, уменьшается сила, связывающая валентные электроны с ядром, следовательно, восстановительные свойства простых веществ усиливаются, а окислительные — ослабевают.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I								
II								
III								
IV								
V								
VI								
VII								

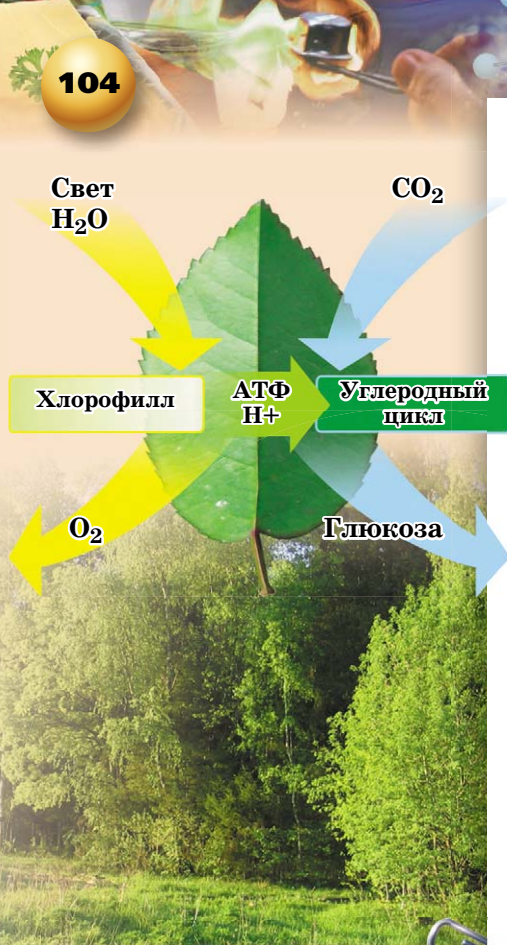
Сила восстановителя ↓

Сила восстановителя — простого вещества

Окислительные свойства простых веществ

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I								
II								
III								
IV								
V								
VI								
VII								

Окислительные свойства ↑

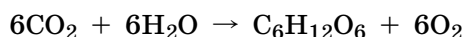


Иntenсивность дыхания растений зависит от содержания воды в клетках. Чем меньше воды в клетках, тем слабее идет в них дыхание.



Окислительно-восстановительные процессы составляют значительную часть химических реакций, протекающих в природе и обуславливающих существование живых организмов. Вспомним некоторые из них.

ОБРАЗОВАНИЕ КИСЛОРОДА Кислород — очень активный окислитель, и когда-то в атмосфере Земли его не было. Он появился в результате эволюции растительного мира, когда живые клетки «изобрели» фотосинтез:

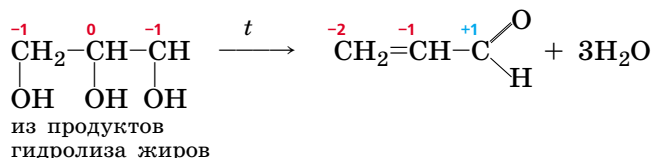


Фотосинтез — это единственная природная окислительно-восстановительная реакция, в которой атомы кислорода в исходных веществах являются восстановителями.

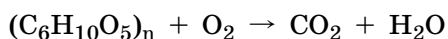
ДЫХАНИЕ Ещё на уроках окружающего мира в начальной школе вы узнали, что жизнь на Земле невозможна без кислорода. Вспомнив уроки биологии, вы сможете самостоятельно охарактеризовать процессы дыхания как окислительно-восстановительные реакции.



ПИТАНИЕ Приготовление завтраков, обедов, ужинов в подавляющем большинстве случаев требует термической обработки продуктов. Классический пример горения метана в конфорках кухонной плиты сегодня становится историческим примером, так как газовые плиты уступают место электрическим. Но всё равно мы постоянно сталкиваемся на кухне с окислительно-восстановительными реакциями. Так, для приготовления жареного мяса, картофеля, других овощей используют жиры, которые в кулинарном процессе претерпевают ряд химических превращений. Конечным результатом может стать неопредельный альдегид акролеин, или пропен-2-аль, образующийся при сильном нагревании масла на сковороде:

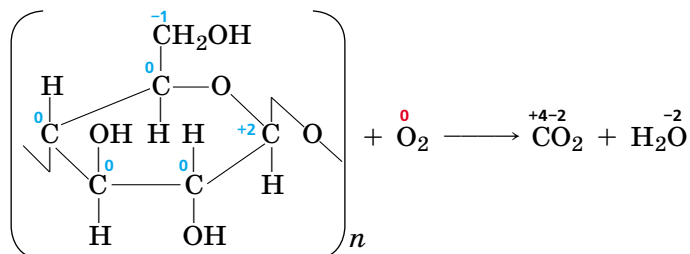


ЛЕСНЫЕ И СТЕПНЫЕ ПОЖАРЫ В последние годы с лент информационных агентств всего мира не сходят сообщения о природных пожарах — окислительно-восстановительных реакциях, в которых окислителем является кислород воздуха, а восстановителями — углеводы, образующие деревья, кустарники, траву...



(Коэффициенты расставьте самостоятельно!)

В том, что эта химическая реакция является окислительно-восстановительной, легко убедиться, определив степени окисления атомов углерода и кислорода в исходных веществах и продуктах реакции:

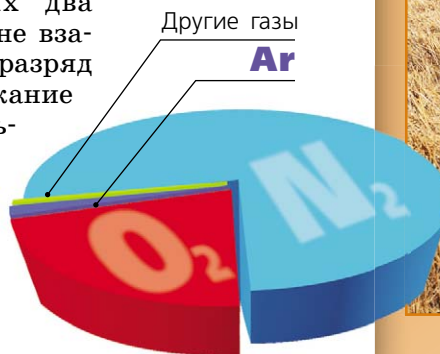
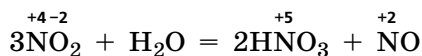
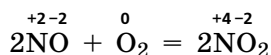
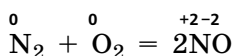


Лесные и степные пожары часто возникают по вине человека, но могут быть следствием и вполне естественных природных процессов, например грозы.



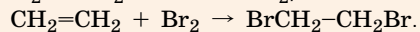
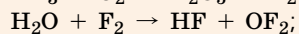
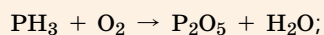
Сельхозпалы опасны не только возникновением лесных и степных пожаров: при горении остатков прошлогодней растительности на полях разрушаются необходимые для растений вещества и почва теряет плодородие.

ГРОЗА При обычных условиях два основных газа земной атмосферы не взаимодействуют друг с другом, но разряд молнии делает возможным протекание ряда последовательных окислительно-восстановительных реакций:



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

В следующих схемах химических реакций самостоятельно расставьте коэффициенты, предварительно переписав схемы в тетрадь:



Приведите свои примеры окислительно-восстановительных реакций в природе.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- От чего и как разрушаются металлы.
- Способы защиты металлов от разрушения.

6.4. Эксперимент по влиянию условий окружающей среды на коррозию металлов

Реальные процессы электрохимической коррозии значительно сложнее, для их понимания требуются глубокие знания химии и физики.

КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

3 июня 1989 г. в Челябинской области на перегоне Аша — Улу-Теляк в момент встречного прохождения двух пассажирских поездов произошёл мощный взрыв в результате аварии на трубопроводе. Погибли 645 человек. Одной из причин катастрофы эксперты назвали коррозию трубопровода.

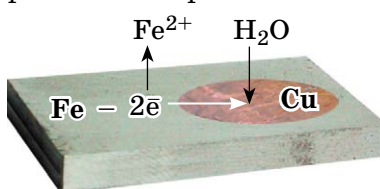
ХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Коррозия (лат. *corrosio* — разъедание) — разрушение металлов и сплавов под действием окружающей среды. Разрушение металлических конструкций может происходить в результате окислительно-восстановительных реакций. Примером может служить образование железной окалины внутри двигателей внутреннего сгорания, которая не защищает двигатель от дальнейшего разрушения.

Другим примером химической коррозии может служить появление патины — зелёного налёта на медных и бронзовых изделиях. Под действием кислорода, углекислого газа и воды, которые всегда содержатся в воздухе, медь постепенно окисляется, покрываясь малахитовым налётом, состав которого можно условно выразить упрощённой формулой $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ

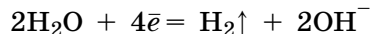
Причиной разрушения металлических конструкций может стать образование гальванических элементов из-за вкрапления в металл различных примесей.



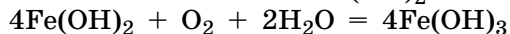
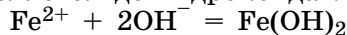
Железо, будучи более активным металлом, передаёт свои электроны менее активной меди и превращается в ионы железа(II):

$$\text{Fe} - 2\bar{e} = \text{Fe}^{2+}$$

К отрицательному заряду на поверхности меди притягиваются молекулы воды:



Образовавшиеся гидроксид-ионы связывают ионы железа(II) в нерастворимый гидроксид железа(II), который затем окисляется до гидроксида железа(III):



Так на поверхности металла образуется рыхлый слой ржавчины.

Электрохимическая коррозия особенно быстро протекает в растворах электролитов.

ПРОТЕКТОРНАЯ ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ

Если в результате образования гальванической пары разрушается более активный металл, то можно создать такую гальваническую пару, в которой железо будет менее активным металлом. Такой способ защиты от коррозии называют *протекторной защитой*.

При протекторной защите защищаемую конструкцию превращают в катод без постороннего источника тока, а в качестве анода используют цинк, магний, алюминий и их сплавы. В искусственно созданной гальванической паре разрушается анод-протектор, а металлическая конструкция защищается от коррозии.

ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ Для защиты металлов от коррозии широко используются различные покрытия, которые изолируют металлические изделия и конструкции от окружающей среды. Такими покрытиями могут быть краски, лаки, смазки.

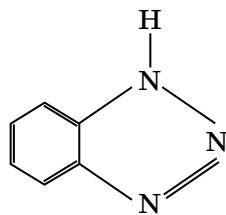
Часто металлические изделия покрывают тонким слоем другого металла. Тонкие железные листы, покрытые цинком (оцинкованное железо), используются в качестве кровельного материала. При повреждении защитного цинкового слоя возникает гальваническая пара, в которой разрушается более активный цинк. Таким образом, даже после нарушения целостности защитного слоя цинк продолжает защищать железо от разрушения.

НЕРЖАВЕЮЩАЯ СТАЛЬ Эффективным способом защиты от коррозии является создание сплавов, которые в быту мы называем «нержавейкой». Среди нержавеющей стали наиболее распространены хромистые, хромоникелевые и хромоникельмолибденовые. Они широко применяются в промышленности, сельском хозяйстве и в быту.

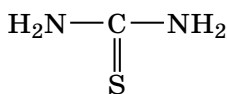
ЗАЩИТА С ПОМОЩЬЮ ИНГИБИТОРОВ Скорость коррозии заметно уменьшается при введении в жидкую среду ингибиторов. В качестве ингибиторов используют органические соединения азота, серы, кислорода.

Азотсодержащие органические вещества замедляют разрушение железа в кислотах и водных растворах. Примером такого ингибитора может служить бензотриазол.

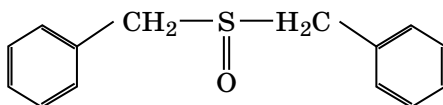
Более сильными ингибиторами коррозии являются органические вещества, в состав молекул которых входят атомы серы, например тиомочевина, дибензилсульфоксид.



Бензотриазол



Тиомочевина



Дибензилсульфоксид

Органические кислоты и их соли используются для замедления коррозии в кислотах, маслах, растворах электролитов.

Из неорганических ингибиторов часто используют фосфаты натрия.

Если повреждается защитный слой лужёного железа, то происходит окисление железа, так как активность олова меньше активности железа.

Никелевое и хромовое покрытие применяется по большей части в декоративных целях.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какие виды коррозии вам известны? Охарактеризуйте каждый из них.
- Объясните способы защиты металлов от коррозии.
- На сайте <http://gotourl.ru/14029> найдите дополнительную информацию о коррозии и о защите металлов от неё. Выберите по своему усмотрению любой из способов защиты металлов и подготовьте небольшое сообщение к следующему уроку.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

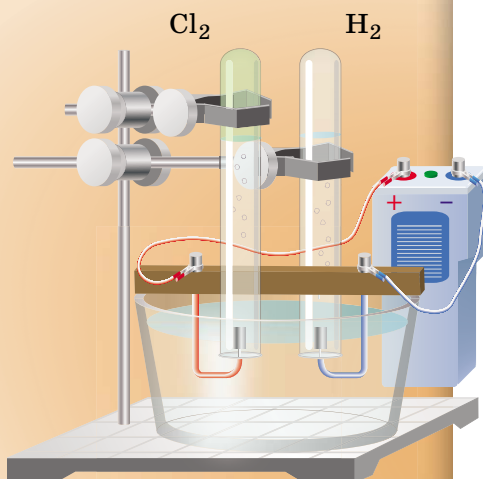
Как окислительно-восстановительные реакции протекают под действием электрического тока.

ВСПОМНИТЕ:

Что вам известно об электролизе из курса физики?

На получение 1 кг натрия расходуется примерно 15 кВт·ч электроэнергии.

6.5. Установка для электролиза раствора хлорида натрия



ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСПЛАВОВ И РАСТВОРОВ

Окислительно-восстановительные реакции могут происходить под действием электрического тока.

ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСПЛАВОВ Окислительно-восстановительные реакции, протекающие при пропускании постоянного электрического тока через растворы или расплавы электролитов на электродах, называют **электролизом**.

При нагревании выше 800 °С хлорид натрия плавится. Разрушение кристаллической решётки приводит к появлению в расплаве катионов натрия и хлорид-ионов:

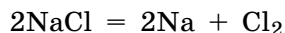


Если через этот расплав пропускать постоянный электрический ток, то на катоде происходит восстановление ионов натрия до металлического натрия, на аноде окисляются хлорид-ионы до газообразного хлора:

Катод
процесс восстановления
 $\text{Na}^+ + e = \text{Na}$

Анод
процесс окисления
 $2\text{Cl}^- - 2e = \text{Cl}_2$

Суммарное уравнение электролиза расплава хлорида натрия:



ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСТВОРОВ Электролиз раствора хлорида натрия протекает сложнее:

Катод
процесс восстановления
 $2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

Анод
процесс окисления
 $2\text{Cl}^- - 2e = \text{Cl}_2$

Суммарное уравнение:



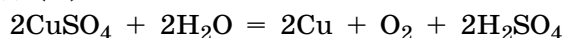
При электролизе растворов солей бескислородных кислот и активных металлов на катоде выделяется водород, а не металл.

Молекулы воды принимают участие и в электролизе растворов солей кислородсодержащих кислот. При электролизе раствора сульфата меди(II) на аноде окисляется вода, а не сульфат-ион:

Катод
процесс восстановления
 $\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$

Анод
процесс окисления
 $2\text{H}_2\text{O} - 4e = 4\text{H}^+ + \text{O}_2$

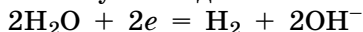
Суммарное уравнение электролиза раствора сульфата меди(II):



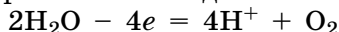


При электролизе растворов фторидов и солей кислородсодержащих кислот на аноде выделяется кислород.

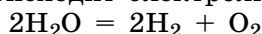
Что произойдёт, если пропускать электрический ток через раствор нитрата калия? Калий — активный металл, поэтому на катоде будут восстанавливаться не ионы калия, а молекулы воды:



Молекулы воды будут окисляться на аноде, поскольку в состав нитрат-ионов входят атомы кислорода:



При пропускании электрического тока через раствор нитрата калия происходит электролиз воды, а не соли:

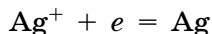


ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА Электролиз широко применяется в промышленности, например для очистки металлов. При электролизе водного раствора, в состав которого входят катионы разных металлов, в первую очередь восстанавливаются менее активные металлы. Так, например, с помощью электролиза можно очистить серебро от примеси меди:

1) растворяем образец в азотной кислоте



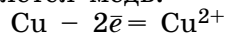
2) пропускаем через полученный раствор постоянный электрический ток. На аноде окисляются молекулы воды, а на катоде восстанавливаются ионы менее активного серебра



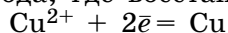
Лишь после того, как все ионы серебра будут восстановлены, начнётся восстановление ионов меди.

Рафинирование (очистка от примесей) меди в промышленности осуществляется с использованием электрического тока. Слиток меди, который нужно очистить от примесей, помещают в раствор соли меди и подключают к положительному полюсу источника постоянного электрического тока. Катодом служит тонкий прут чистой меди.

На аноде окисляется медь:



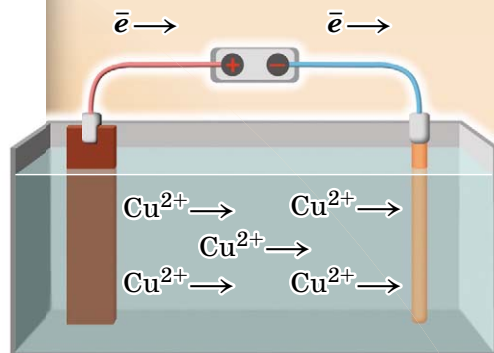
Под действием постоянного тока ионы меди двигаются в сторону катода, где восстанавливаются:



Примеси остаются в ванне электролизёра.

Электрический ток используют при никелировании и хромировании металлических изделий: изделие помещают в растворы солей никеля или хрома, подсоединяют к отрицательному полюсу источника постоянного тока и выдерживают под током до тех пор, пока на поверхности не образуется слой никеля или хрома нужной толщины. Этот процесс называют **гальваностегией**.

Огромное значение имеет электролиз раствора хлорида натрия: в результате электролиза из дешёвого сырья — поваренной соли и воды — получают три ценных продукта: водород, хлор и гидроксид натрия. С помощью электролиза расплавов получают активные металлы, например магний и алюминий. Свободный фтор можно получить только электролизом расплавов фторидов.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

● Сравните процессы, которые происходят при электролизе раствора и расплава: а) иодида калия; б) гидроксида кальция.

● Какие вещества можно получить при электролизе раствора ацетата натрия? Ответ подтвердите уравнениями химических реакций.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

● Два способа расстановки коэффициентов в уравнениях окислительно-восстановительных реакций.

ВСПОМНИТЕ:

● Определения понятий «окисление», «восстановление», «окислитель», «восстановитель», «окислительно-восстановительная реакция».

Повышение
степени
окисления

Понижение
степени
окисления

ЭЛЕКТРОННАЯ
ТЕОРИЯ

XX в.

Присоединение
кислорода

Удаление
кислорода

КИСЛОРОДНАЯ
ТЕОРИЯ

XVIII в.

Удаление
флогистона

Присоединение
флогистона

ТЕОРИЯ
ФЛОГИСТОНА

XVII в.

ОКИСЛЕНИЕ

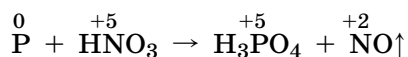
ВОССТАНОВЛЕНИЕ

РАССТАНОВКА КОЭФФИЦИЕНТОВ В УРАВНЕНИЯХ ОВР

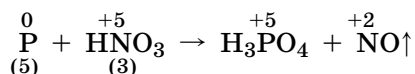
В большинстве уравнений окислительно-восстановительных реакций подобрать коэффициенты очень трудно. Решить проблему можно разными способами, рассмотрим только два на примере взаимодействия фосфора с раствором азотной кислоты.

РАССТАНОВКА КОЭФФИЦИЕНТОВ ПО ИЗМЕНЕНИЮ СТЕПЕНЕЙ ОКИСЛЕНИЯ АТОМОВ

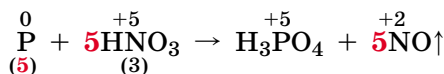
Над знаками химических элементов запишем степени окисления атомов окислителя и восстановителя:



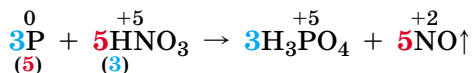
Определим, на сколько единиц изменились степени окисления азота и фосфора. Вычтем из конечной степени окисления начальную и под знаками азота и фосфора запишем абсолютное значение разности:



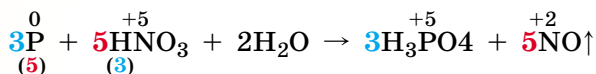
Число 5 — это коэффициенты перед формулами веществ, в состав которых входят атомы азота, изменившие свои степени окисления:



Число 3 — это коэффициенты перед формулами веществ, в состав которых входят атомы фосфора, изменившие свои степени окисления:



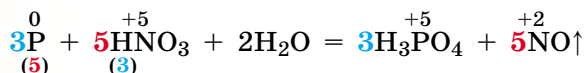
Число атомов водорода в левой части уравнения (5) меньше числа атомов водорода в правой части (9), но изменять коэффициенты перед формулами азотной и фосфорной кислот нельзя. Чтобы восполнить недостачу четырёх атомов водорода, допишем в левой части уравнения формулу воды с коэффициентом 2:



Проверим правильность расстановки коэффициентов, посчитав число атомов кислорода в левой и правой частях уравнения:

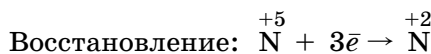
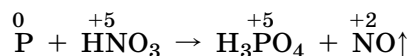
- слева 17 атомов кислорода;
- справа 17 атомов кислорода.

В схеме химической реакции можно стрелку заменить знаком равенства.

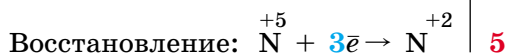
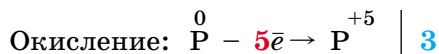
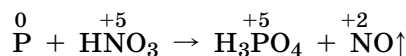


МЕТОД ЭЛЕКТРОННОГО БАЛАНСА Данный метод основан на предположении, что электроны полностью переходят от восстановителя к окислителю, хотя такой переход осуществляется не всегда.

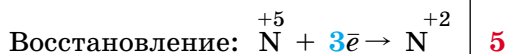
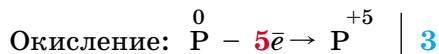
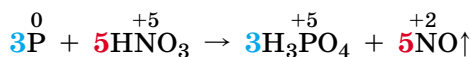
Записав схему химической реакции и определив степени окисления атомов окислителя и восстановителя до и после реакции, составим схемы процессов окисления и восстановления:



Чтобы число «отданных» и «присоединённых» электронов было одинаковым, умножим схему окисления на три, а схему восстановления — на пять. В качестве знака умножения используем вертикальную черту:



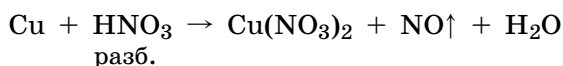
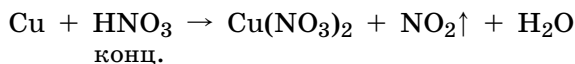
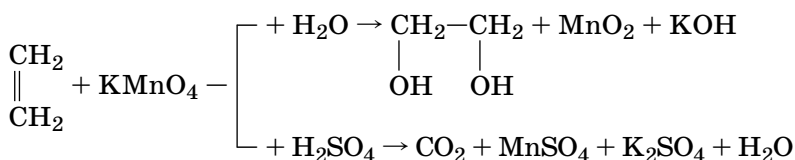
Перенесём найденные коэффициенты в схему реакции:



Дальнейшие действия по расстановке коэффициентов такие же, как при использовании первого способа.

Оба способа расстановки коэффициентов формальны: они не учитывают сложности реальных процессов, основаны на представлениях об условных зарядах (степенях окисления атомов) и о полном переходе электронов от восстановителя к окислителю.

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ ОТ УСЛОВИЙ ЕЁ ПРОВЕДЕНИЯ При взаимодействии одного и того же окислителя с одним и тем же восстановителем могут образовываться разные вещества:



На результаты химической реакции оказывают влияние три основных фактора: сила окислителя и восстановителя, концентрация растворов, среда, в которой проводится окислительно-восстановительная реакция.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Зависимость продуктов окислительно-восстановительной реакции от среды.

«ПОМОЩНИК»

● Карандашом по стеклу пронумеруйте три пробирки и налейте в них по 2 мл раствора перманганата калия. Затем в каждую пробирку добавьте:

- 1) в пробирку № 1 — одну каплю раствора гидроксида калия;
- 2) в пробирку № 2 — одну каплю дистиллированной воды;
- 3) в пробирку № 3 — одну каплю раствора серной кислоты.

Во все три пробирки прилейте по 2 мл раствора сульфита калия.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

● Найдите в тексте параграфа четыре схемы окислительно-восстановительных реакций, перепишите их в тетрадь и расставьте в них коэффициенты.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что такое дисперсные системы.
- Как «устроены» дисперсные системы.
- Чем гель отличается от золя.

ВСПОМНИТЕ:

- Когда и в каком контексте вы встречались со словом «система»?

ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

Ежедневно мы встречаемся с растворами, порой даже не подозревая о том, что имеем дело с раствором. В бытовом понимании раствор — прозрачная жидкость, иногда бесцветная, иногда окрашенная, которая получилась в результате смешивания какого-либо вещества с водой. На самом деле понятие «раствор» значительно шире, поскольку растворителями может быть не только вода, но и другие жидкости, газы и даже твёрдые вещества. Общее их название — дисперсные системы. Прежде чем начать с ними знакомство, определим основные понятия.

СИСТЕМА Как и многие слова, слово «система» имеет несколько значений:

- в химии — Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева;
- в астрономии — Солнечная система;
- в математике и информатике — системы счисления;
- в театральном искусстве — система Станиславского и т.д.



Система (от др.-греч. σύστημα — целое, составленное из частей; соединение) — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определённую целостность, единство.

ФАЗА Когда речь идёт о дисперсных системах, множеством элементов являются фазы системы, которые и образуют её целостность.



Фаза — часть системы, отделённая от других её частей поверхностью раздела.

Агрегатное состояние веществ внутри одной и той же фазы одинаково, поэтому в системе можно выделить газообразную, жидкую и твёрдую фазы.

Если система состоит из одной фазы, то её называют *гомогенной*. Примером гомогенной системы может служить смесь газов (например, воздух), раствор сахара или поваренной соли в воде.

Системы, состоящие из нескольких фаз, называют *гетерогенными*. Именно об этих системах пойдёт речь в данном параграфе.

ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ Латинское слово «*dispergere*», от которого произошло название дисперсных систем, означает «рассеивать», т.е. что-то одно распределять в другом. То, что в дисперсных системах «рассеяно», называют дисперсной фазой, а то, в чём дисперсная фаза распределена, — дисперсионной средой.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрите выданные вам образцы дисперсных систем. Опишите их.

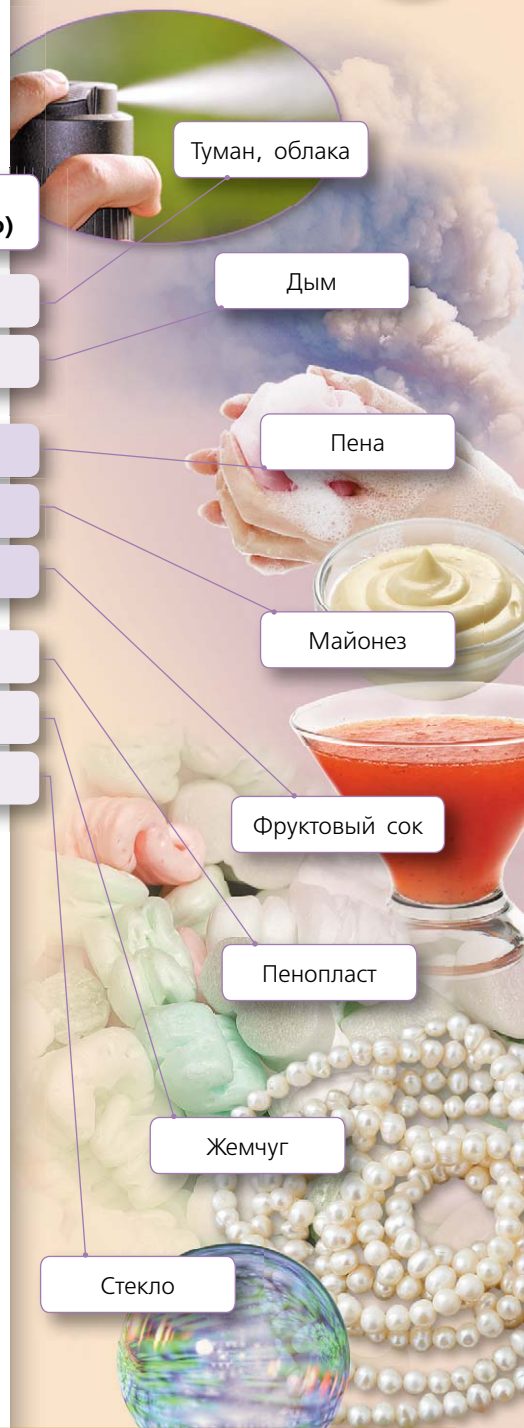
В зависимости от агрегатного состояния дисперсионной среды и дисперсной фазы различают восемь видов дисперсных систем, каждая из которых имеет собственное название:

Название	Дисперсионная среда (в чём распределено)	Дисперсная фаза (что распределено)
Туман	Газ	Жидкость
Аэрозоль		Твёрдое
Пена	Жидкость	Газ
Эмульсия		Жидкость
Суспензия		Твёрдое
Твёрдая пена	Твёрдое	Газ
Гель		Жидкость
Твёрдый раствор		Твёрдое

КЛАССИФИКАЦИЯ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ ПО РАЗМЕРАМ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ В зависимости от размеров частиц дисперсной фазы различают три вида дисперсных систем:



Истинные растворы являются гомогенными системами. Гомогенность истинных растворов проявляется в том, что в них невозможно обнаружить границу раздела фаз, так как они состоят из одной фазы.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Чем гель отличается от золя?
- Перепишите в тетрадь две таблицы из этого параграфа. В последней колонке приведите собственные примеры дисперсных систем.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Золотое правило растворения.
- Способы количественного описания состава растворов.

ВСПОМНИТЕ:

- Что называют молярной концентрацией растворов?
- Роль растворов в жизни на Земле.

В 100 г воды при температуре 20 °С растворяется 35,9 г поваренной соли, в 100 г гексанола при тех же условиях — 0,001 г, а в диэтиловом эфире хлорид натрия вовсе не растворяется.

**СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ
количественного состава раствора**

Массовая доля
(процентная концентрация)

w

$$\omega = \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{р}}}$$

Молярная доля

χ

$$\chi = \frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{в}} + n_{\text{р-ля}}}$$

Молярная концентрация
(молярность)

c , моль/л

$$c = \frac{n_{\text{в}}}{V_{\text{р}}}$$

Моляльная концентрация
(моляльность)

c_m , моль/кг

$$c_m = \frac{n_{\text{в}}}{m_{\text{р-ля}}}$$

в — вещества
р — раствора
р-ля — растворителя

ИСТИННЫЕ РАСТВОРЫ

В повседневной жизни перед нами часто встаёт задача приготовления различных растворов. Какие превращения при этом претерпевают вещества?

ЗОЛОТОЕ ПРАВИЛО РАСТВОРЕНИЯ Ещё алхимики знали, что одно и то же вещество по-разному растворяется в разных растворителях. Например, растворить подсолнечное масло в воде не удаётся, в то время как оно прекрасно растворяется в бензине, т.е. в смеси жидких углеводов. Вода — растворитель с сильнополярными ковалентными связями. В ней хорошо растворяются вещества с ионной и ковалентной полярной связью. Химические связи в молекулах углеводов, спиртов, простых эфиров слабополярны, и в этих веществах растворяются соединения, полярность связи в молекулах которых невелика.

Золотое правило растворения: подобное растворяется в подобном.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТВОРОВ Важной характеристикой истинного раствора, к которой нам часто приходится обращаться в практических целях, является точное соотношение растворённого вещества и растворителя. Такие понятия, как «разбавленный раствор», «насыщенный раствор», «концентрированный раствор» для этой цели оказываются непригодными. Химики в своей работе пользуются понятием «концентрация раствора», при этом способов выражения концентрации раствора существует множество.

В быту самым используемым способом количественной характеристики раствора является массовая доля растворённого вещества, которую иногда называют процентной концентрацией:

$$\omega = \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{р}}},$$

где $m_{\text{в}}$ — масса растворённого вещества;

$m_{\text{р}}$ — масса раствора, равная сумме масс растворённого вещества и воды.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ МАССОВОЙ ДОЛИ РАСТВОРЁННОГО ВЕЩЕСТВА

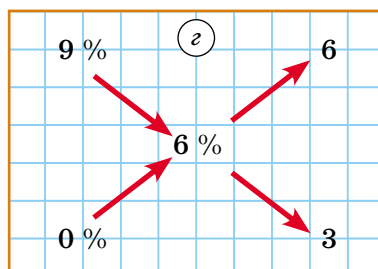
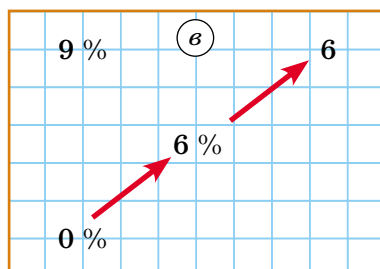
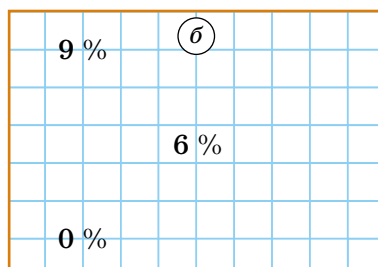
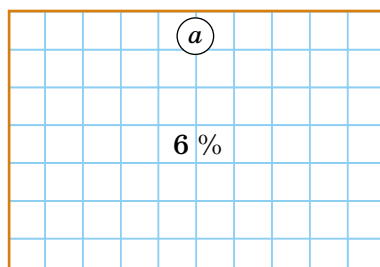
Умение проводить расчёты на приготовление растворов с использованием массовой доли растворённого вещества оказывается важным и в домашних условиях: «В каком соотношении нужно брать уксусную эссенцию и воду, чтобы получить 6 %-ный уксус?» Уточним задачу: пусть нужно приготовить 100 г 6 %-ного уксуса.

Итак, для приготовления 6 %-ного уксуса потребуется 8 мл уксусной эссенции и 91 мл воды. С точностью, вполне достаточной для бытовых целей, нам нужно уксусную эссенцию разбавить в 11 раз ($91 : 8 = 11,375$).

ПРАВИЛО КРЕСТА Расчёты можно значительно упростить, если воспользоваться правилом креста. Рассмотрим его на примере того же уксуса.

Пусть по кулинарному рецепту требуется 6 %-ный уксус, а у вас в распоряжении есть только 9 %-ный. Записываем в центре листа бумаги массовую долю нужного нам раствора (а). Слева сверху записываем массовую долю исходного раствора, а слева внизу — число 0, так как в воде нет уксусной кислоты (б).

Затем по направлению красных стрелок вычитаем из большего числа меньшее и записываем результат так, как показано на рисунках:



Числа справа — это отношение масс растворов, которые нужно взять для приготовления 6 %-ного уксуса: 6 частей 9 %-ного уксуса и 3 части воды. Другими словами, чтобы получить 6 %-ный уксус, нужно 9 %-ный разбавить водой вдвое.

1) Рассчитаем массу безводной уксусной кислоты: $m_{\text{в}} = \omega m_{\text{р}} = 0,06 \cdot 100 = 6 \text{ (г)}$.

2) Для приготовления раствора потребуется такая масса 70 %-ной уксусной эссенции, в которой содержится 6 г безводной уксусной кислоты:

$$m_{\text{р}} = \frac{m_{\text{в}}}{\omega} = \frac{6}{0,7} \approx 8,6 \text{ (г)}.$$

3) Нам нужно 8,6 г уксусной эссенции прилить в $100 - 8,6 = 91,4 \text{ г}$ воды. Взвешивать агрессивные жидкости на домашних кухонных весах опасно, поэтому рассчитаем, какой объём уксусной эссенции имеет массу 8,6 г:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{8,6}{1,0686} \approx 8 \text{ (мл)}.$$



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

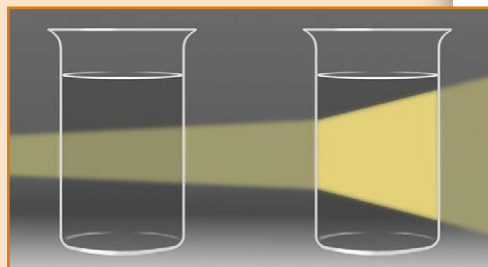
Изучите схему о способах выражения количественного состава растворов на с. 114 учебника. Приведите примеры, в каких случаях используется каждый из этих способов.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

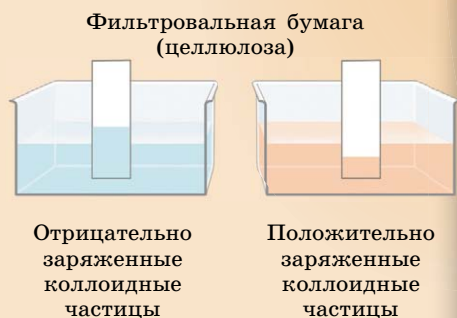
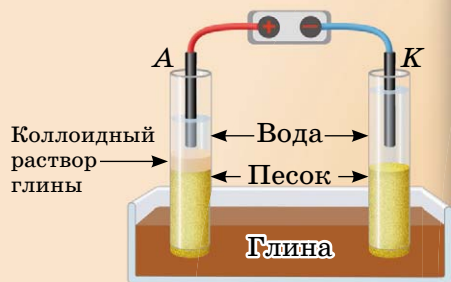
- Что происходит с коллоидными растворами при пропускании через них электрического тока.
- От чего и как разрушаются коллоидные растворы.
- Какое открытие шотландского химика спасает жизни людям.

ВСПОМНИТЕ:

- Классификации дисперсных систем.



6.6. Прохождение света через истинный и коллоидный растворы



КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ

Коллоидные растворы отличаются от истинных большими размерами частиц растворённого вещества. Это вызывает значительные изменения в свойствах растворов.

КОНУС ТИНДАЛЯ Если в затемнённом помещении пропускать тонкий луч света через истинный раствор, то, наблюдая за раствором сбоку, вы не увидите этого луча. Но стоит заменить истинный раствор коллоидным, как появляется светящийся конус. Этот эффект называют эффектом Тиндаля в честь учёного, который впервые наблюдал это явление.

Светящийся конус в коллоидных растворах появляется из-за рассеяния света на коллоидных частицах.

ЭЛЕКТРОФОРЕЗ В самом начале XIX в. ректором Московского университета П.И. Страховым и профессором этого же университета Ф.Ф. Рейссом было открыто интересное свойство коллоидных растворов.

В кусок влажной глины поместили стеклянные трубки A и K, наполовину заполненные хорошо промытым речным песком. Сверху в трубки налили воду до одинакового уровня. После этого в совершенно прозрачную воду были опущены электроды, подключённые к источнику постоянного тока. Через некоторое время вода в трубке A стала мутнеть из-за образования коллоидного раствора глины. Одновременно с этим уровень воды в трубке A понижался, а в трубке K — повышался.



Движение заряженных коллоидных частиц под действием постоянного электрического тока называют **электрофорезом**.

Направление движения коллоидных частиц зависит от их заряда. Его можно определить или с помощью электрофореза, или с помощью обычной фильтровальной бумаги. Если полоску фильтровальной бумаги поместить в коллоидный раствор, то в зависимости от заряда коллоидных частиц уровень подъёма раствора будет разным.

РАЗРУШЕНИЕ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ Коллоидные растворы неустойчивы и со временем разрушаются. Сначала коллоидные частицы слипаются всё в более и более крупные агрегаты. Это происходит из-за того, что коллоидные частицы по различным внешним причинам теряют электрические заряды, которые не позволяли им приблизиться друг к другу.



Слипание коллоидных частиц, приводящее к разрушению коллоидного раствора, называют **коагуляцией**.

Причины коагуляции: нагревание коллоидного раствора или добавление к нему растворов электролитов.

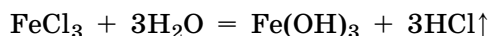
При длительном хранении коллоидных растворов частицы под действием силы тяжести опускаются на дно сосуда.



Разрушение коллоидного раствора под действием силы тяжести называют **седиментацией**.

ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

Коллоидные растворы можно получить в результате химических реакций. Если в кипящую воду при интенсивном перемешивании добавлять хлорид железа(III), то происходит полный гидролиз соли с образованием гидроксида железа(III):



Однако образование характерного «ржавого» осадка мы не увидим. Вместо него образуется прозрачный коллоидный раствор гидроксида железа(III).



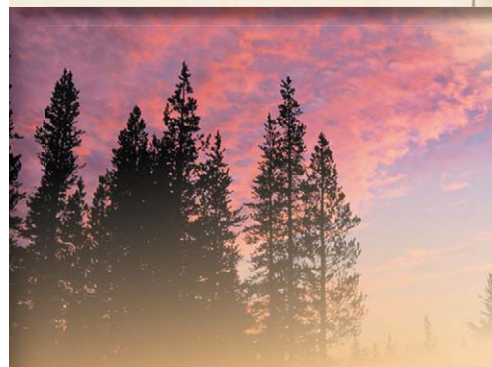
Важное свойство коллоидных растворов было открыто шотландским учёным Томасом Грэмом в 1854 г. Он обнаружил, что коллоидные частицы не проходят через пергаментную бумагу, а ионы истинных растворов свободно проникают через неё. Это дало возможность разделения коллоидных и истинных растворов электролитов.

Кровь человека — это дисперсная система, включающая в себя как коллоидные частицы, так и ионы (например, ионы калия) и небольшие по размерам молекулы (например, карбамида). Избыток ионов и молекул выводится из организма с мочой в результате работы почек. При нарушениях работы почек человек заболевает уремией. В крови накапливаются токсичные продукты азотистого обмена (мочевина), происходит нарушение кислотно-щелочного и осмотического равновесия. Так, при концентрации ионов калия больше $6 \cdot 10^{-3}$ моль/л или концентрации мочевины более $3,5 \cdot 10^{-2}$ моль/л возникает угроза жизни человека.

Открытие Т. Грэмом явления диализа спасло жизнь многим людям. При гемодиализе кровь поступает в специальный аппарат, где проходит с одной стороны полупроницаемой мембраны. С другой стороны мембраны движется специальный раствор. Вредные вещества из крови переходят через мембрану в диализирующий раствор и удаляются из организма.



Свет с разной длиной волны по-разному рассеивается на коллоидных частицах. Этим объясняется разная окраска неба днём и на закате.



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Домашний эксперимент. «ПОМОЩНИК»

Приготовьте прозрачные растворы сахара и мыла. Вооружившись лазерной указкой, определите, какой из этих двух растворов является коллоидным.

Внимание! Не смотрите навстречу лазерному лучу — это может вызвать ожог глаз вплоть до полной потери зрения!

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- В чём сходны и чем различаются:
- взвеси и коллоидные растворы;
 - коллоидные растворы и истинные растворы?

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что нерастворимые кислоты, основания, соли при попадании в воду подвергаются электролитической диссоциации.
- Условия выпадения и растворения осадков.

ВСПОМНИТЕ:

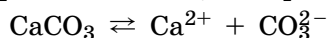
- При каких условиях реакции обмена в растворах электролитов идут до конца?

РЕАКЦИИ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Наблюдая за растворением веществ, вы не могли не заметить, что одно вещество растворяется очень быстро, другое — медленно и не полностью, а третье не удаётся растворить. Строго говоря, совершенно нерастворимых веществ нет: в одном литре воды при температуре 25 °С растворяется около 6 мг карбоната кальция. Какие процессы протекают при этом?

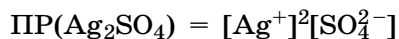
РАВНОВЕСИЕ В НАСЫЩЕННОМ РАСТВОРЕ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ

Массовая доля карбоната кальция в его насыщенном растворе составляет всего 0,00063 %. Как правило, мы пренебрегаем такими малыми величинами и считаем карбонат кальция нерастворимым. Но над поверхностью осадка карбоната кальция в воде перемещаются ионы кальция и карбонат-ионы, которые, сталкиваясь друг с другом, вновь образуют осадок. Следовательно, диссоциация карбоната кальция обратима:

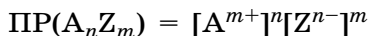


Произведение растворимости — это произведение концентраций ионов малорастворимого электролита в его насыщенном растворе при постоянной температуре и давлении.

Если при диссоциации образуется большее число катионов или анионов, формула для произведения растворимости будет иной. Например, при диссоциации 1 моль сульфата серебра образуется 2 моль ионов серебра и 1 моль сульфат-ионов. Формула произведения растворимости будет выглядеть так:



Или в общем виде:



УСЛОВИЯ ВЫПАДЕНИЯ ОСАДКОВ

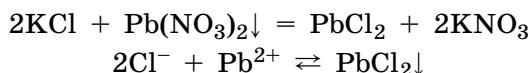
Знание условий выпадения осадков очень важно при определении состава веществ. Многократно проведённая вами химическая реакция между растворами каких-либо хлоридов и раствором нитрата серебра всегда сопровождалась образованием белого осадка хлорида серебра. Но вполне может возникнуть ситуация, когда осадок хлорида серебра не образуется даже при наличии в исходном растворе хлорид-ионов.



Осадок труднорастворимого сильного электролита образуется тогда, когда произведение концентраций ионов в растворе больше произведения растворимости.



Приведём пример. Более дешёвым реактивом на хлорид-ионы является нитрат свинца:



Если к раствору хлорида калия с концентрацией 0,05 моль/л прилить равный объём раствора нитрата свинца с концентрацией 0,025 моль/л, осадок хлорида свинца не образуется.

При смешении равных объёмов этих растворов суммарный объём станет в два раза больше, следовательно, концентрации ионов свинца и хлорид-ионов уменьшатся в два раза: $c(\text{KCl}) = 0,025$ моль/л; $c(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 0,0125$ моль/л. Чтобы равновесие в растворе сместилось в сторону осадка, произведение концентраций ионов свинца и хлорид-ионов должно быть больше произведения растворимости хлорида свинца, которое равно $1,6 \cdot 10^{-5}$.

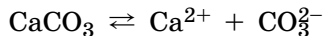
Найдём произведение концентраций ионов в растворе с учётом того, что для образования осадка на каждый ион свинца приходится два хлорид-иона:

$$c(\text{Cl}^-)^2 \cdot c(\text{Pb}^{2+}) = 0,025^2 \cdot 0,0125 =$$

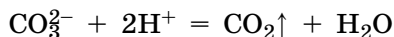
$$= 7,8 \cdot 10^{-6} < 1,6 \cdot 10^{-5}$$

УСЛОВИЯ РАСТВОРЕНИЯ ОСАДКОВ Часто в повседневной жизни мы сталкиваемся с необходимостью перевести труднорастворимый сильный электролит в растворимое состояние. Очевидно, что если каким-то способом уменьшить концентрацию хотя бы одного из ионов, находящегося в растворе над поверхностью труднорастворимого сильного электролита, то в соответствии с принципом Ле Шателье равновесие в системе сместится влево, т.е. осадок начнёт растворяться. Таких способов существует несколько.

Во-первых, равновесие в системе можно сместить влево, связывая ионы в слабое основание или в слабую кислоту. Так, если в равновесную систему

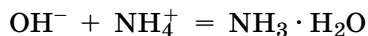


ввести ионы водорода, то образуется очень слабая и нестойкая угольная кислота:

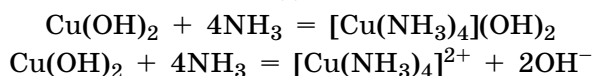


При достаточном количестве ионов водорода все карбонат-ионы будут связаны и карбонат кальция полностью растворится.

Труднорастворимый гидроксид магния можно перевести в раствор, добавляя соли аммония:



Второй способ заключается в связывании ионов в прочные комплексные соединения:



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

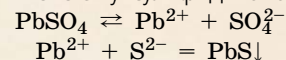


Экспериментальная задача.

«ПОМОЩНИК»

● Равновесие в системе $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$ можно сместить в сторону образования карбоната кальция, добавляя в раствор карбонат-ионы. Источниками карбонат-ионов служат, например, карбонат натрия или углекислый газ. Опытным путём определите, какое из этих двух веществ пригодно для смещения равновесия в данной системе влево. Объясните наблюдения.

Труднорастворимый сульфат свинца можно перевести в раствор введением в систему сульфид-ионов:



Произведение растворимости сульфата свинца ($1,6 \cdot 10^{-8}$) больше произведения растворимости сульфида свинца ($2,5 \cdot 10^{-27}$), поэтому более растворимый осадок растворяется, а вместо него образуется новый, менее растворимый.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

● Расположите вещества в ряд по мере увеличения их растворимости в воде: фторид лития, хлорид серебра, бромид меди(II), иодид золота(III). Данные о произведениях растворимости приведены на сайте «Practical Science».

ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

- Многообразие химических реакций можно свести к небольшому числу типов, выбирая разные основания классификации.
- Принцип действия катализатора состоит в уменьшении энергетического барьера за счёт образования промежуточных соединений.
- Система, находящаяся в состоянии динамического равновесия, на любое внешнее воздействие отвечает таким образом, чтобы уменьшить это воздействие (принцип Ле Шателье).
- Водородный показатель (pH) — отрицательный логарифм молярной концентрации ионов водорода в растворе.
- Гидролиз солей — взаимодействие соли с водой, как правило, обратимое.
- Коррозия металла — окисление металла под действием окружающей среды.
- Электролиз — окислительно-восстановительная реакция разложения сложного вещества под действием постоянного электрического тока.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Желудочный сок здорового человека имеет $pH = 1,7$. Если у больного «нулевая кислотность», то концентрация ионов водорода в его желудочном соке больше или меньше, чем у здорового человека?
- Из книги И. Вольпера «Юным химикам»: «Так вот, когда мы моемся, эта соль в воде распадается на два вещества: на щёлочь и жирную кислоту. Щёлочь связывает жир, которым покрыта наша кожа, а жирная кислота образует обильную пену. Пена захватывает и вместе с водой уносит все мельчайшие частички грязи. В этом весь секрет мытья!»
Согласны ли вы с интерпретацией И. Вольпера? Почему?
- Для удаления небольших по площади татуировок используют электрофорез — пропускание через кожу постоянного электрического тока. Объясните, каким образом постоянный ток позволяет избавиться от татуировки.



Глава VII

ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

- ЭМПИРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ
- ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ В ХИМИИ
- ИСТОЧНИКИ ХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
- ХИМИЯ И ЗДОРОВЬЕ
- ХИМИЯ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ
- ХИМИЯ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО
- ХИМИЯ И ЭНЕРГЕТИКА
- ХИМИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
- ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ
- МЕТАЛЛУРГИЯ
- ПРОИЗВОДСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ
- СВЯЗАННЫЙ АЗОТ
- ПОЛУПРОВОДНИКИ
- ВОЛОКНА
- ПЛАСТМАССЫ

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

Широко распространяет Химия, слушатели, руки свои в дела человеческие... Куда ни посмотрим, куда ни оглянемся, всюду обращаются пред очами нашими успехи ея прилежания...

*Русский учёный-энциклопедист
М.В. Ломоносов*

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что изучает наука методология и как классифицируются методы научного познания.
- Как связаны друг с другом эмпирические методы-действия и методы-операции.

ВСПОМНИТЕ:

- Что вы узнали о методах химической науки в 8 классе?

ЭМПИРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ

Во все времена химические знания были самыми важными и самыми массовыми. Сведения о свойствах веществ и материалов, об источниках энергии всегда были практически ценными для человеческого общества. Чтобы получить эти сведения, человечество использовало и использует разные методы. Поскольку исторически так сложилось, что становление химии как науки началось с накопления фактов, т.е. с создания эмпирической базы, в этом параграфе мы рассмотрим некоторые эмпирические методы химической науки.

МЕТОДОЛОГИЯ Слово «метод» древние греки использовали для образного описания охоты на зверя или преследования преступников. Великий мыслитель древности Платон первым употребил термин «метод» для обозначения ведущего к истине пути исследования и совокупности логических приёмов получения нового знания.



Методология (дословно — учение о методе) — наука о путях и средствах рационализации научной деятельности, приращения нового знания.

Разные учёные-методологи классифицируют методы научного познания по-разному. Мы воспользуемся классификацией академика А.М. Новикова, который выделяет:

метод-действие, т.е. метод как способ решения конкретной задачи (достижения цели);

метод-операцию, т.е. метод как совокупность приёмов.

1) определение цели наблюдения

2) выбор объекта наблюдения

3) выбор способа наблюдения

4) выбор способов фиксации информации

5) проведение собственно наблюдения

6) обработка полученной информации

7) интерпретация полученной информации

ЭМПИРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ-ОПЕРАЦИИ Важнейшим эмпирическим методом-операцией в химии является *наблюдение*. Научное наблюдение, в отличие от обыденного, ненаучного, складывается из нескольких последовательных этапов.

Наблюдения в химии очень часто сопровождаются ещё одним важным эмпирическим методом-операцией, который называется *измерением*.



Измерение — познавательный процесс, заключающийся в сравнении данной величины с некоторым её значением, принятым за эталон сравнения.

Точность измерения зависит от объективных и субъективных факторов. Так, объективно невозможно определить траекторию движения электрона в атоме, и поэтому вместо понятия «орбита электрона» используется понятие «электронная орбиталь». К субъектив-

ным факторам относят технические возможности измерительных средств. Примером может служить измерение объема жидкости с помощью мерного цилиндра и бюретки, используемой для титрования растворов. На точность измерения большое влияние оказывает умение правильно использовать измерительные средства.

ЭМПИРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ-ДЕЙСТВИЯ Эмпирические методы-действия, используемые в химии, можно разделить на две группы. Первую группу составляют методы отслеживания изучаемого объекта или явления, которые практически не оказывают воздействия на объект изучения. Наиболее характерный пример — *мониторинг*.



Мониторинг — постоянный надзор, регулярное отслеживание состояния объекта с целью изучения динамики происходящих процессов.

Вторая группа эмпирических методов-действий — это методы преобразования объекта изучения: *эксперимент* и *опытная работа*.

В ходе *эксперимента* вещества, явления, процессы изучаются в строго контролируемых и управляемых условиях. При этом исследователь изменяет один, и только один из факторов влияния, а все остальные остаются без изменений.

Эксперименты можно классифицировать по разным основаниям.

Опытная работа также предполагает активное вмешательство человека в изучаемый объект или явление. Опытная работа отличается от мысленного эксперимента тем, что исследователь работает с реальными веществами и оборудованием, в то время как в мысленном эксперименте ситуации «проигрываются в уме».

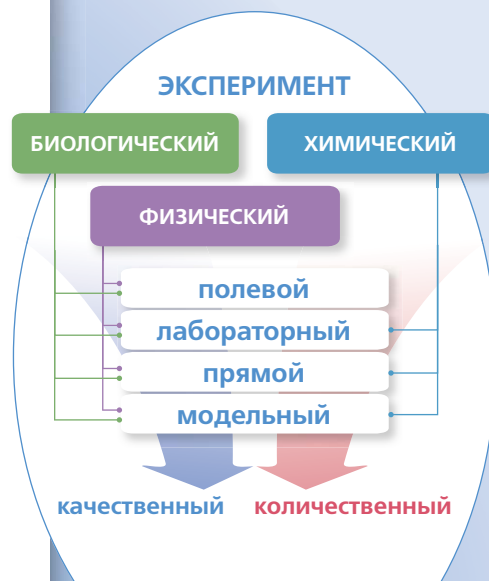
Было бы ошибкой ставить знак равенства между опытной работой и поиском путём «проб и ошибок». Опытная работа всегда строится на основе научных теорий, точно установленных и общепризнанных данных и направлена на проверку теоретически обоснованной гипотезы. Например, разработка новых лекарственных препаратов с заранее заданными свойствами строится в форме опытной работы, основанной на фундаментальных положениях современной теории химического строения органических соединений. При этом в среднем из десяти тысяч синтезированных веществ лишь одно становится лекарственным препаратом.

СВЯЗЬ ЭМПИРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ-ОПЕРАЦИЙ И МЕТОДОВ-ДЕЙСТВИЙ Деятельность химика по изучению веществ и химических реакций основана на эксперименте или опытной работе (эмпирические методы-действия). В ходе эксперимента и опытной работы исследователь всегда использует наблюдение и измерения (если эксперимент количественный), т.е. эмпирические методы-операции.



Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) в подавляющем большинстве случаев базируется на химических реакциях. Недостатком мониторинга как научного метода познания природы является относительно пассивная роль исследователя: он оказывает непосредственное воздействие на небольшую пробу вещества (смеси веществ), но не может активно влиять на происходящие процессы в целом.

7.1. Классификация экспериментов



ЗАДАНИЯ:

Исходя из собственного опыта изучения веществ и химических реакций, приведите конкретные примеры взаимосвязей методов-действий, методов-операций и средств деятельности.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

Какими теоретическими методами познания пользуются химики.

ВСПОМНИТЕ:

Историю открытия периодического закона и историю разработки теории химического строения органических соединений.

В чём заключается различие между терминами и понятиями?

К теоретическим методам-операциям также относятся конкретизация, формализация, индукция и дедукция, идеализация, аналогия и мысленный эксперимент.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ В ХИМИИ

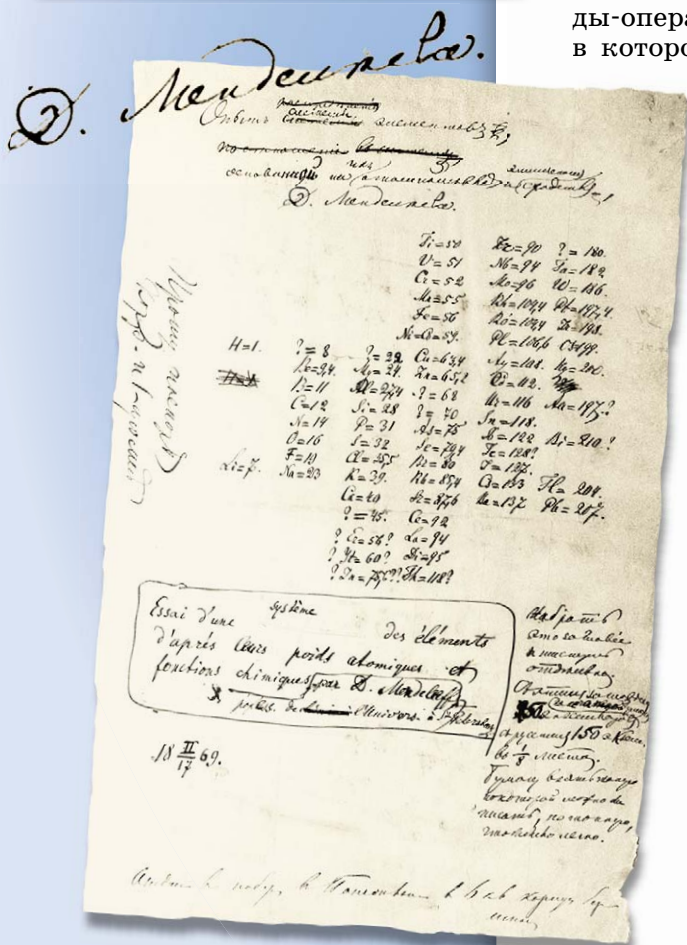
Превращение химии из ремесла и искусства в науку началось тогда, когда возникло противоречие между большим количеством фактов и отсутствием их теоретического объяснения. Разрешить данное противоречие с помощью одних только эмпирических методов нельзя, поэтому в химии широко применяются теоретические методы познания природы. В этом параграфе мы рассмотрим только методы-операции, поскольку методы-действия являются общеприродными, общенаучными и изучаются в курсе обществознания.

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О ТЕРМИНОЛОГИИ Термины, составляющие основу языка профессионального общения учёных, в разных науках обозначают разные понятия. В психологии анализ и синтез — это мыслительные операции, в химии — разновидности эксперимента, т.е. эмпирические методы-действия. В методологии теоретические методы-операции определяются по основным мыслительным операциям, следовательно, анализ и синтез могут рассматриваться как теоретические методы-операции. Значение термина зависит от контекста, в котором он использован.

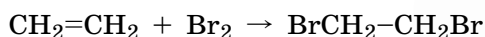
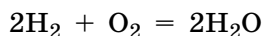
Группу теоретических методов-операций, широко применяемых в химии, составляют анализ, синтез, сравнение, абстрагирование, обобщение, моделирование.

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ Анализ как теоретический метод-операция начинается любое научное исследование. Анализ тесно связан с синтезом, в результате которого возникает новое теоретическое знание. Ярким примером взаимосвязи анализа и синтеза и их роли в развитии теоретических основ химии служит история открытия периодического закона: на основе анализа важнейших характеристик и свойств химических элементов и их соединений Д.И. Менделеев синтезировал новое научное теоретическое знание — периодический закон.

СРАВНЕНИЕ Анализ лежит в основе сравнения — мыслительной операции и теоретического метода. Любое сравнение начинается с выделения признаков сравнения, т.е. с анализа изучаемых объектов или явлений. Результатом сравнения является установление определённых отношений между сравниваемыми объектами или явлениями, поэтому без синтеза при сравнении не обойтись.



АБСТРАГИРОВАНИЕ Химическая наука широко использует *абстрагирование* — метод, позволяющий мысленно вычленив и превратить в самостоятельный объект изучения отдельные стороны изучаемых веществ и явлений, которые сами по себе не существуют. Основная функция абстрагирования — выделение общих свойств и их фиксация с помощью понятий. Так, например, для химических реакций



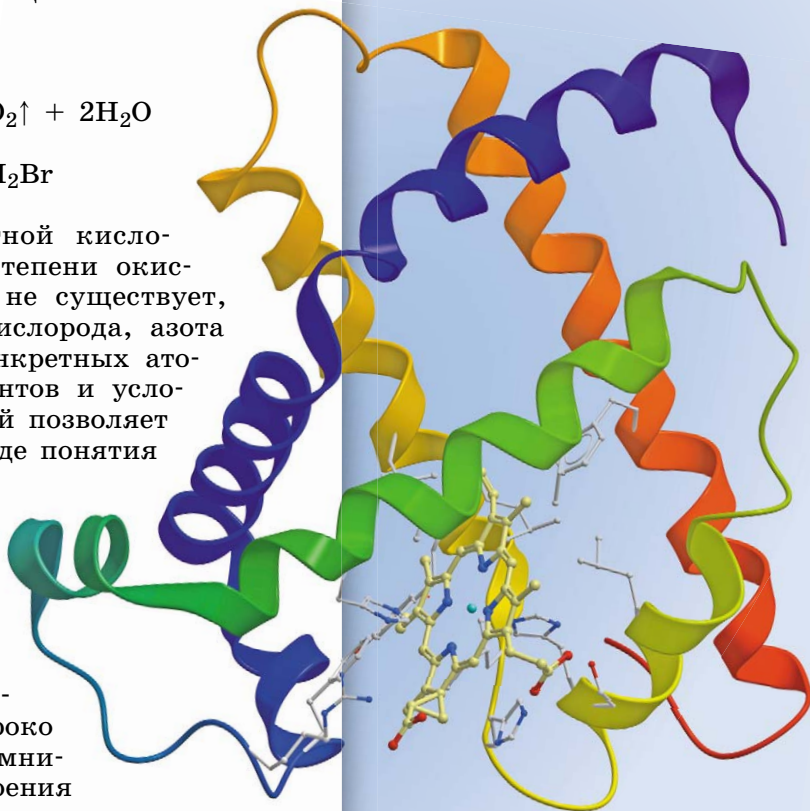
общим свойством кислорода, азотной кислоты и брома является понижение степени окисления. Само по себе это свойство не существует, его носителями являются атомы кислорода, азота и брома. Но абстрагирование от конкретных атомов конкретных химических элементов и условий проведения химических реакций позволяет зафиксировать данное свойство в виде понятия «окислитель».

Таким образом, при абстрагировании сначала используется теоретический метод-операция анализ, а завершается абстрагирование синтезом.

ОБОБЩЕНИЕ — ещё один теоретический метод-операция, который широко используется в химии. Как вы помните, основы теории химического строения органических соединений были сформулированы А.М. Бутлеровым в результате *обобщения* результатов научных исследований других химиков XIX в. Тщательный *анализ* этих результатов, проведённый великим русским учёным, позволил выделить то недостающее звено, которое связывает их в единое целое — понятие «химическое строение».

МОДЕЛИРОВАНИЕ занимает в современной химической науке значительное место. Даже при изучении базового курса химии мы не смогли обойтись без моделей молекул, кристаллических решёток, аппаратов химической промышленности. Построение этих моделей и им подобных называют *предметным моделированием*.

Кроме предметных моделей, используют *абстрактные модели*, которые строятся средствами разных языков: естественных (русский, английский, китайский и т.д.), профессиональных и искусственных. Например, электронная орбиталь — это математическая модель вероятности нахождения электрона в пространстве вблизи ядра атома.



7.1. 3-D модель молекулы белка

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Приведите примеры, доказывающие, что и при моделировании используются методы-операции анализ и синтез.
- Как бы вы объяснили восьмикласснику, только начинающему изучать химию, что анализ и синтез могут быть методами-операциями и методами-действиями?
- Подготовьте небольшое сообщение о сущности одного (по вашему выбору) из методов-операций, которые перечислены в рубрике «Блокнот».

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Где можно найти информацию о веществах и их свойствах.
- Как оценить достоверность найденной информации.

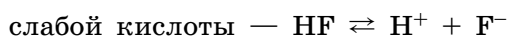
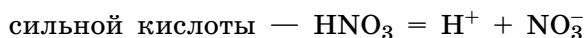
ВСПОМНИТЕ:

- С какими источниками химической информации вы познакомились в конце 8 класса?

ИСТОЧНИКИ ХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Базовый курс химии, изучение которого вы завершаете, не может дать исчерпывающей информации обо всех веществах и многообразии их свойств. При необходимости вы можете найти нужные сведения в многочисленных источниках информации.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА Самую достоверную информацию о веществах и их свойствах вы найдёте в *химической энциклопедии* и *химическом энциклопедическом словаре*, ведь к написанию статей для этих изданий привлекаются самые авторитетные химики, а сама информация многократно проверяется по другим источникам. При этом следует помнить о том, что толковые словари русского языка и словари иностранных слов могут содержать ошибочную информацию. Например, в одном толковом словаре есть такое определение: «Щёлочь — вещество, образующееся при взаимодействии кислоты с водой». Но при растворении кислоты в воде происходит электролитическая диссоциация:

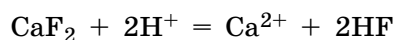


ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ Специальные химические журналы публикуют сообщения о новых открытиях в науке, их язык иногда тяжёл для понимания. Однако есть два журнала, которые вполне доступны по стилю изложения материала.

Название журнала «Химия для школьников» говорит само за себя. И хотя очень скоро вы перестанете быть школьниками, материалы, публикуемые в этом журнале, могут вам пригодиться.

Журнал «Химия и жизнь. XXI век» адресован широкому кругу читателей и содержит много полезной информации для повседневной жизни. Авторы журнала — известные учёные в простой и увлекательной форме рассказывают о вещах и веществах, о новостях химической науки и смежных наук.

К химической информации из других периодических изданий (газет и журналов) следует относиться очень осторожно. Проанализируем с химической точки зрения утверждение одной из популярных молодёжных газет: «Отличие заменителей от сахара в воздействии на зубы объясняется следующим образом: сахар выделяет кислоты из углеводов пищи, а кислоты разрушают зубную эмаль». Правда то, что кислоты разрушают зубную эмаль, главным компонентом которой является кальциевая соль слабой фтороводородной кислоты:



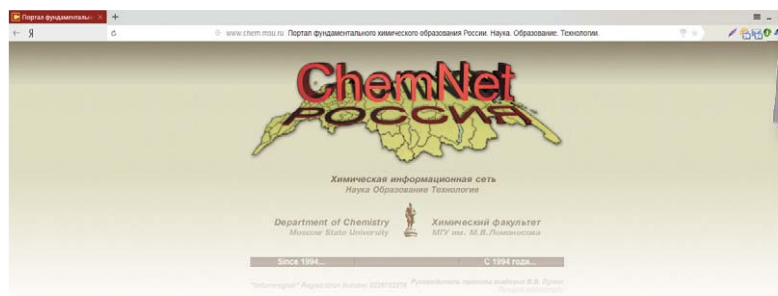
Неправда, что «сахар выделяет кислоты из углеводов пищи», поскольку сахароза не взаимодействует ни сама с собой, ни с крахмалом, ни с целлюлозой.

ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ К электронным средствам массовой информации относят радио, телевидение и сайты во Всемирной паутине.

Радио и телевидение наиболее часто употребляют химические термины в рекламных роликах. Особой популярностью у их авторов пользуются формулы и водородный показатель. Когда мы слышим «уникальная формула стирального порошка», то понимаем, что в данном контексте правильное употребить слово «состав».

Интернет-сайты — наиболее доступный источник химической информации. Простота размещения материалов в Сети приводит к появлению химически безграмотных и порой опасных советов. Некоторые сайты позиционируют себя как энциклопедические, например Википедия, но информация здесь собирается стихийно, и у многих авторов химические знания сохранились на уровне полузабытого школьного курса химии.

Если вам потребуется химическая информация, которой действительно можно доверять, найдите с помощью любой поисковой системы (Яндекс, Google, Rambler и т.п.) сайт химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова <http://www.chem.msu.ru>. На сайте содержатся ссылки на другие информационные ресурсы и сайты других химических институтов. Много полезного материала есть на сайте «Алхимик» <http://www.alhimik.ru>.



ИНСТРУКЦИИ К СРЕДСТВАМ БЫТОВОЙ ХИМИИ, ЛЕКАРСТВЕННЫМ ПРЕПАРАТАМ и т.д.

Практически любое вещество несёт потенциальную опасность для человека. Поэтому перед использованием какого-либо продукта химической промышленности нужно внимательно изучить инструкцию по применению и строго следовать изложенным в ней правилам безопасной работы.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Проанализируйте фрагмент газетной статьи: «У девяти пассажиров крейсера "Океания" позеленели волосы после того, как они искупались в бассейне на корабле: там было столько хлора, что он перекрасил всех блондинов».
- Согласны ли вы с утверждением, прозвучавшем в одной просветительской телепередаче: «Бактерии разлагают сульфиды и кислород на органические соединения»?

ВЫ УЗНАЕТЕ:

Химические основы здорового образа жизни.

ВСПОМНИТЕ:

Что вы узнали о здоровом образе жизни на уроках биологии и ОБЖ?

По несколько раз в день мы пьем чай или кофе. В этих напитках содержится вещество — кофеин. В малых дозах кофеин обладает стимулирующим действием, а в больших — угнетающее. Очень большие дозы кофеина способствуют развитию таких опасных состояний, как тахикардия и аритмия.



Вредные вещества образуются и при неправильном хранении продуктов питания. Не случайно на их упаковках указывают условия их хранения и сроки годности.

Атеросклероз, ожирение, сахарный диабет возникают при чрезмерном потреблении пищи и снижении двигательной активности.

ХИМИЯ И ЗДОРОВЬЕ

Практически на каждом уроке химии мы говорили о полезных и опасных для человека свойствах изучаемых веществ. Расширим полученные знания.

ВОДА Жизнь человека невозможна без воды. Для нормального функционирования нашего организма ежедневно необходимо около 2,5 воды. Проведённые исследования показали, что для утоления жажды следует пить воду с температурой 7–10 °С, если использовать тёплую или горячую воду, то потребуются значительно больший её объём.

Тонизирующим действием обладают водные растворы оксида углерода(IV), они являются основой газированных напитков и минеральных вод. Минеральные воды содержат достаточно большое количество растворённых солей, оказывающих разное воздействие на организм человека.



Постоянное употребление минеральной воды с большой концентрацией хлорида натрия повышает риск возникновения и развития заболеваний сердца и почек из-за удержания воды в организме. Соли калия и кальция, напротив, способствуют выведению воды. Поэтому важно строго следовать рекомендациям по употреблению минеральных вод.

ПРОДУКТЫ Практически всю свою пищу мы подвергаем химической обработке. Приготовление супов, вторых блюд, десертов сопровождается превращением веществ.

Термическая обработка способствует гидролизу больших молекул белков, жиров и углеводов пищи с образованием более мелких фрагментов и тем самым облегчает дальнейшую работу ферментов нашего организма. Но длительная термическая обработка может привести к накоплению в пище вредных веществ.

Скорость биохимических реакций и, следовательно, скорость протекания физиологических процессов во многом определяется соотношением различных продуктов питания. Именно из них в нашем организме синтезируются вещества, отвечающие за поддержание гомеостаза. Нарушение соотношения между продуктами метаболизма веществ, поступающих с пищей, приводит к патологическим изменениям физиологических процессов и в конечном счёте к болезням.

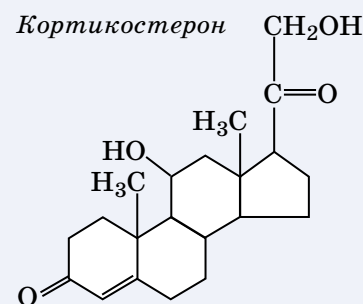
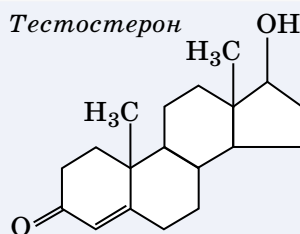
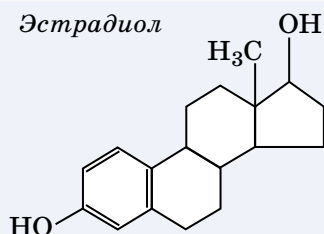
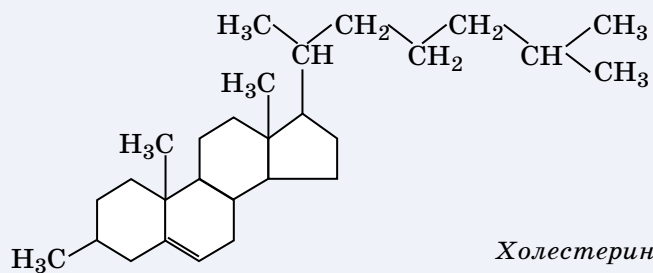
ВИТАМИНЫ Нормальное функционирование нашего организма оказывается невозможным без веществ, которые активизируют действие ферментов, замедляют разрыв σ -связей в остатках высших непредельных карбоновых кислот, входящих в состав жиров, служат

«регулятором» окислительно-восстановительных реакций... Известно множество витаминов, мы рассмотрим только два — те, чьи «имена» особенно часто звучат в телеэфире.

Витамин Q ₁₀	Витамин D ₃ (или холекальциферол)
Участвует в процессах переноса атомов и ионов водорода. Наибольшая концентрация наблюдается в тех тканях, в которых наиболее интенсивно протекают окислительно-восстановительные реакции. Максимальная концентрация Q ₁₀ содержится в сердечной мышце. В организм человека витамин Q ₁₀ поступает как с растительной, так и животной пищей.	Участвует в процессах метаболизма ионов кальция, обеспечивая всасывание Ca ²⁺ в тонком кишечнике. Регулирует содержание фосфорсодержащих соединений в крови. Образуется в клетках кожи. Недостаток витамина D ₃ у взрослых людей наблюдается крайне редко и может быть восполнен с помощью следующих продуктов питания: коровьего молока, сливочного масла, сельди, сардин.

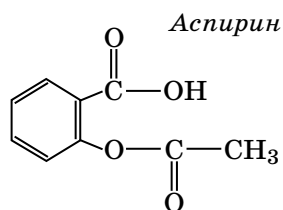
ГОРМОНЫ Вещества, которые регулируют деятельность желёз внутренней секреции, называют **гормонами**. Исходным веществом для синтеза множества гормонов является *холестерин*, к которому в современном обществе сформировалось крайне негативное отношение.

Холестерин синтезируется в печени, а исходным соединением для его синтеза является уксусная кислота. При недостатке холестерина, т.е. при концентрации меньше 1,8 г/л, нарушается синтез: *кортикостерона* — гормона коры надпочечников, регулирующего все процессы углеводного и солевого обмена; *тестостерона* — мужского полового гормона; *эстрадиола* — женского полового гормона.



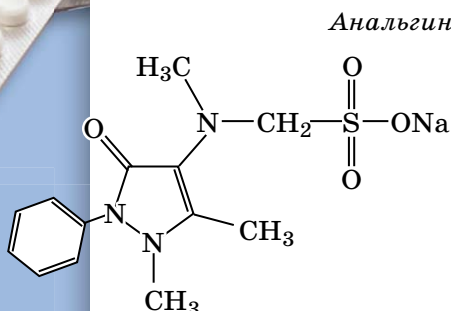
Избыток холестерина (более 2,3 г/л крови) не менее опасен, чем его недостаток. Избыток возникает в результате нарушения обмена жиров в организме и приводит к развитию атеросклероза, желчнокаменной болезни. Временное повышение содержания холестерина в результате приёма пищи животного происхождения быстро компенсируется и уменьшением синтеза собственного холестерина в печени, и специальными механизмами выведения из организма.

ЛЕКАРСТВА Порой складывается такая ситуация, когда организм самостоятельно не может справиться со сбоем в протекании химических реакций, обеспечивающих его нормальное функционирование. Тогда ему на помощь приходят *лекарства* — природные, искусственные или синтетические вещества, механизмы действия которых настолько разнообразны, что им посвящён специальный раздел химии — *фармацевтическая химия*. Рассмотрим некоторые лекарства из домашней аптечки.



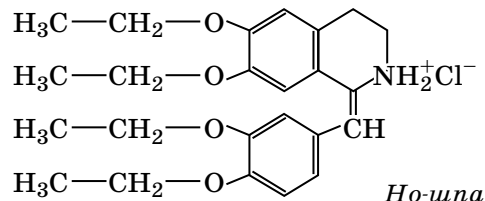
При повышении температуры мы привыкли принимать аспирин (упсарин, ацетилсалициловую кислоту), а с головной болью боремся с помощью анальгина.

Жаропонижающее действие аспирина обусловлено замедлением воздействия некоторых веществ на центр терморегуляции гипоталамуса. Понижение температуры тела — результат расширения кровеносных сосудов кожи и увеличения потоотделения.



Анальгин тоже понижает температуру тела, но его жаропонижающий эффект значительно слабее, чем у аспирина. Механизм обезболивания заключается в блокировании окончаний нервов, по которым передаются болевые импульсы.

Обезболивающим действием обладает широко рекламируемое средство «Но-шпа». Механизм обезболивания в данном случае другой — но-шпа является спазмолитиком.

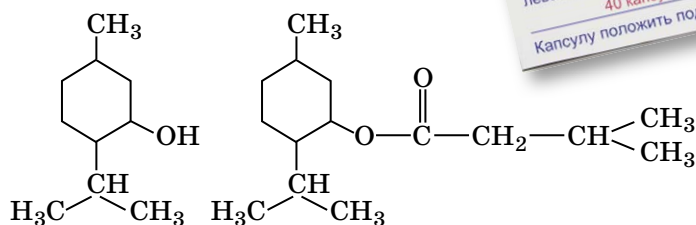


Данный препарат применяют и для профилактики стенокардии, а для лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы используют валидол и нитроглицерин.

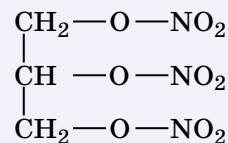
25 %-ный раствор ментола в метиловом эфире изовалериановой кислоты, обычно называемый валидолом, быстро увеличивает коронарный кровоток, тем самым снимая болезненные ощущения в сердце. Нитроглицерин уменьшает кровяное давление и снижает нагрузку на сердце.



Валидол



Нитроглицерин



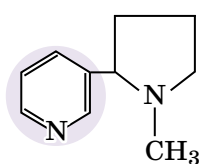
НАРКОТИКИ О вреде наркотиков вы неоднократно говорили на уроках биологии и основ безопасности жизнедеятельности. Напомним, что к наркотикам относятся этанол и никотин.

После того, как этанол попал в организм, он под действием фермента алкогольдегидрогеназы окисляется до ацетальдегида. Этот процесс протекает в печени, но если концентрация этанола в крови велика, то весь этанол не успевает окислиться и остаётся в крови. Окисление этанола вне печени происходит очень медленно, что приводит к усилению токсического действия спирта на мозг.

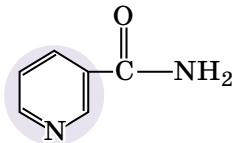
Ацетальдегид, образовавшийся под действием фермента из этанола, далее окисляется до уксусной кислоты. Её концентрация повышается по сравнению с биологической нормой, и в результате замедляется превращение жиров и углеводов в уксусную кислоту. Простая цепочка превращений «этанол → этаналь → уксусная кислота», протекая в организме, приводит к весьма серьёзным последствиям: нарушение жирового обмена → усиление синтеза триглицеридов и холестерина → ожирение печени.

Никотин особую опасность представляет для органов дыхания: разрушается слизистая оболочка дыхательных путей, утолщаются, теряют свою эластичность голосовые связки. Опасным последствием курения является рак лёгких.

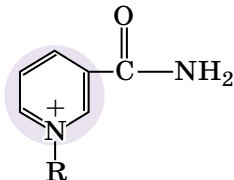
Строение молекулы никотина очень похоже на строение молекул веществ: *витамина РР*, с участием которого протекают окислительно-восстановительные процессы в тканях организма, и кофермента НАД⁺ — важнейшего кофермента, присутствующего во всех живых клетках.



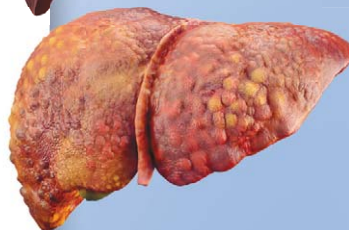
Никотин



Витамин РР

Кофермент НАД⁺

В эти вещества входит одинаковый фрагмент — остаток гетероциклического соединения пиридина.

Здоровая
печеньПечень,
поражённая
циррозомЗдоровые
лёгкиеЛёгкие
курильщика

ЗАДАНИЯ:

● На основе информации учебников для 8–11 классов подготовьте небольшую презентацию (5–7 слайдов) о влиянии веществ на здоровье человека.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

О некоторых применениях достижений химической науки в быту.

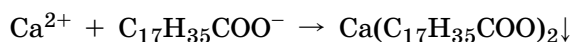
ВСПОМНИТЕ:

Какие вещества, изученные на уроках химии, вы используете чаще всего?

ХИМИЯ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ

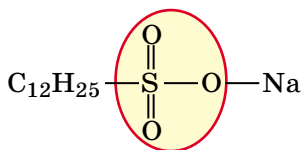
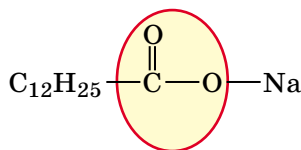
Невозможно представить жизнь современного человека без моющих средств, стиральных порошков и многих других веществ, используемых в быту.

ХИМИЯ И ЧИСТОТА В ДОМЕ Чистоту в доме нам помогают поддерживать моющие и чистящие средства. При изучении органической химии вы узнали, что самое распространённое моющее средство — мыло представляет собой натриевые соли высших карбоновых кислот. Большим недостатком мыла является потеря моющего действия в жёсткой воде, потому что ионы кальция образуют с анионами высших карбоновых кислот нерастворимые вещества, например:



Этого недостатка лишены синтетические моющие средства (СМС). Сравните формулы мыла и СМС, что общего в их составе и строении, и чем они отличаются друг от друга.

Современные стиральные порошки представляют собой смесь множества веществ, каждое из которых при стирке играет свою важную роль.



Компонент	Назначение
Ионогенные поверхностно-активные вещества	Образуют пену (входят в состав порошков для ручной стирки)
Неионогенные поверхностно-активные вещества	Образуют пену (входят в состав порошков для машинной стирки)
Моноамилимиды	Разрушают белковые загрязнители (кровь, слюна и т.д.)
Триполифосфат натрия	Умягчает воду путём связывания ионов кальция и магния в нерастворимые метафосфаты
Карбонат натрия	Препятствует осаждению на ткань соединений железа «ржавого» цвета. Способствует отстирыванию жировых загрязнений
Силикат натрия	
Перборат натрия	Отбеливает ткань, разрушая практически все красители
Сульфат натрия	Стабилизирует мицеллы и тем самым способствует предотвращению оседания загрязнений на ткань
Карбоксиметилцеллюлоза	Стабилизирует образование пены

Для очистки твёрдых поверхностей, таких, как кафель, сантехника, посуда и т.п., используют чистящие средства, которые содержат разнообразные абразивы, в качестве которых чаще всего используют мелко размолотые пемзу, мел, каолин. Также в состав чистящих средств включают поверхностно-активные вещества и добавки, которые входят в стиральные порошки, но здесь добавки играют иную роль: смягчают действие чистящих средств на кожу рук, предохраняют металл от коррозии, придают дополнительный блеск изделиям.

Всё большую популярность набирают безабразивные чистящие вещества очень сложного, многокомпонентного состава. Простейшим и очень эффективным средством для чистки серебряных изделий является алюминиевая фольга и раствор гидрокарбоната натрия (питьевой соды). В отличие от использования других абразивных и безабразивных чистящих средств при этом способе очистки серебряных изделий потери металла практически сведены к нулю.

ХИМИЯ ПРОТИВ ВРЕДНЫХ НАСЕКОМЫХ Наиболее популярные средства защиты от комаров и других кровососущих насекомых — *репелленты* (лат. *repellens* — отворачивающий, отталкивающий). Современные репелленты — сложные химические соединения.

Наиболее широко используемый — *m-N,N*-диэтил-толуамид (ДЭТА). Данное вещество очень сильно раздражает слизистые оболочки, поэтому использовать средство для отпугивания комаров, в составе которого массовая доля (ДЭТА) всего 14 %, следует очень аккуратно, строго соблюдая указания на упаковке.

О веществах, убивающих насекомых, и о мерах предосторожности при работе с ними вы узнаете в следующем параграфе учебника.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ДОМЕ В течение четырёх лет на каждом уроке химии звучали слова о необходимости неукоснительного следования правилам безопасной работы с веществами и лабораторным оборудованием. Свойства веществ не изменяются от их места нахождения, поэтому то, что опасно в кабинете химии, будет таким же опасным и дома. Мы используем едкие, горючие, токсичные вещества...



Все средства бытовой химии потенциально опасны!

На упаковке каждого из них обязательно указаны меры предосторожности и меры первой доврачебной помощи в случае наступления негативных последствий в результате нарушения правил безопасной работы.

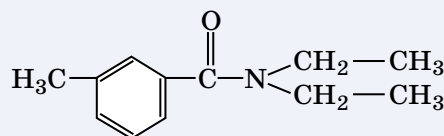
Меры первой доврачебной помощи вы найдёте и на страницах этого учебника.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Очистка изделия из серебра.

«ПОМОЩНИК»

На дно стеклянной банки положите кусок алюминиевой фольги. На неё поместите изделие из серебра. Налейте в банку тёплый раствор пищевой соды так, чтобы серебряное изделие было полностью закрыто. Через сутки оцените полученный результат.





СРЕДСТВА ЛИЧНОЙ ГИГИЕНЫ И КОСМЕТИКА 6 сентября

1751 г. М.В. Ломоносов произнёс слова, ставшие крылатым выражением: «Широко распространяет химия руки свои в дела человеческие». У них есть продолжение, которое мало кто знает, но которое имеет непосредственное отношение к теме данного учебника.

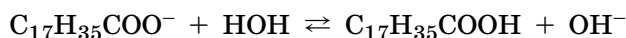
«В первые времена от сложения мира принудили человека зной и стужа покрывать своё тело; тогда по первом листвия и кож употребления домыслился он из волны и других мягких материй приготовить себе одежды, которые хотя к защищению тела его довольно служили, однако скучливое одним видом человеческое сердце и непостоянная охота требовали перемены, гнушались простою белизною и, пестреющим полям завидуя, подобно великолепия и в покрытии тела искали. Тогда химия, выжимая из трав и цветов соки, вываривая корни, растворяя минералы и разными образами их между собою соединяя, желание человеческое исполнять старалась, и тем сколько нас украсила, не требуйте слов моих к доказательству, но очами вашими всегда ясно видите... Сии химические изобретения не токмо увеселяющие взор наш перемены в одеянии производят, но и другие склонности наши доводят до удовольствия».

Присмотревшись к тому, что вас окружает дома, вы заметите, что буквально ко всему в той или иной мере «приложила» свою руку химия. Приведём несколько примеров, которые из-за своей привычности могут показаться банальными.

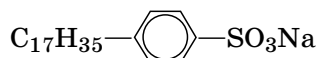
1. С детства каждому из нас знакомы стихотворные строки К.И. Чуковского:

Да здравствует мыло душистое,
И полотенце пушистое,
И зубной порошок,
И густой гребешок!

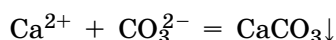
В 20-х гг. XX в., когда был написан «Мойдодыр», мыло получали исключительно из животного сырья, точнее, из жира, вываривая его в щелочном растворе. Получившийся в результате химической реакции стеарат натрия составлял основу мыла, которым пользовались наши прабабушки и прадедушки. Стремление человека к комфорту направляло химиков к поиску таких моющих средств, которые, в отличие от обычного мыла, при попадании в глаза не раздражали бы их. Неприятные ощущения вызваны продуктами гидролиза стеарата натрия, образованного слабой карбоновой кислотой и сильным основанием:



Замена карбоксильной группы остатком серной кислоты приводит к образованию соли, которая, сохраняя моющее действие мыла, не подвергается гидролизу:



Зубной порошок сегодня уступил место зубным пастам, в которых по-прежнему в качестве основного чистящего средства используется карбонат кальция. Мел и тем более мрамор плохо подходят для изготовления зубных паст, поскольку их сложно измельчить до нужных размеров. Поэтому в производстве зубных паст используют осаждённый карбонат кальция:



Чтобы зубной порошок превратился в зубную пасту, к нему добавляют пенообразующие вещества и загустители, например глицерин.

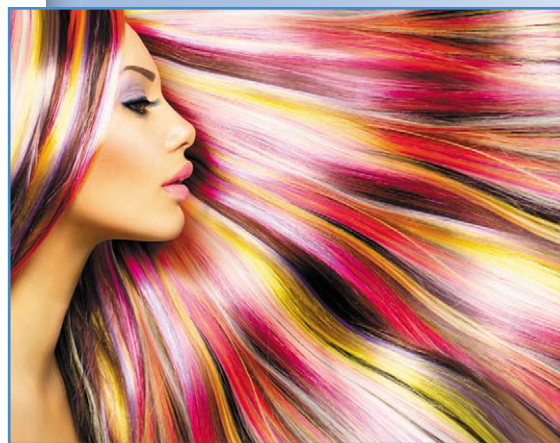
«Полотенце пушистое» также является продуктом химии даже в том случае, когда оно изготовлено из натуральных волокон. Это же можно сказать и о густом гребешке, который сегодня, как правило, изготавливается из различных пластмасс.

2. Телевизионная реклама настойчиво подталкивает своих зрительниц к использованию разнообразных красок для волос, называя каждую из них уникальным открытием в области косметики.

С химической точки зрения процесс окрашивания волос заключается в восстановлении металлов из их солей трёхатомным фенолом пирогаллолом. Если исходная соль содержала ионы меди, то волосы окрашиваются в красные тона. Серебро придаёт волосам сероватые оттенки. В краски для волос добавляют аммиак, для того чтобы нейтрализовать кислоту, которая образуется при восстановлении металлов из солей.

3. Открывая холодильник, мы не задумываемся о том, как в нём «получается» холод. Из курса физики вы знаете, что при быстром расширении сжатого газа его температура резко понижается. В промышленных холодильных установках в качестве такого газа используется аммиак, в бытовых холодильниках долгое время применялись фторхлоралканы, обычно называемые фреонами. В современных бытовых холодильниках, как правило, применяются другие хладагенты.

Использование в качестве хладагентов алканов и циклоалканов требует от потребителей, т.е. от нас, строго соблюдения правил эксплуатации бытовой техники: газ находится под давлением, его смесь с воздухом взрывоопасна. Например, для хладагента r600 (сжиженный природный газ) нижний предел взрываемости составляет 38 г/м^3 , верхний предел — 203 г/м^3 .



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

● Представьте такую ситуацию: в одном из регионов России в одночасье исчезли все вещества и вещи, которые даёт нам химия. Вы — специальный корреспондент новостной программы какого-то телеканала (выберите сами). Напишите сценарий вашего репортажа об этом событии.

● Всем известны слова М.В. Ломоносова, ставшие крылатыми:

«Математику уж затем учить надо, что она ум в порядок приводит».

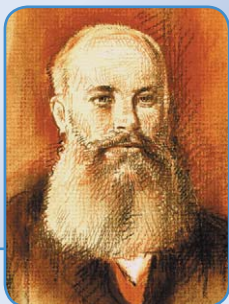
А для чего нужно учить химию?

ВЫ УЗНАЕТЕ:

Как химия помогает в выращивании и сохранении урожая.

ВСПОМНИТЕ:

Что вы узнали о питании растений на уроках биологии?



Докучаев Василий Васильевич
1846- 1903

Русский естествоиспытатель, профессор минералогии и кристаллографии Санкт-Петербургского университета. Основоположник почвоведения и учения о факторах почвообразования. Установил основные закономерности происхождения и распространения почв. Разработал классификацию почв.

**СОВМЕСТИМОСТЬ
УДОБРЕНИЙ**

Можно
хранить
в виде смеси



Можно
смешивать
перед
внесением

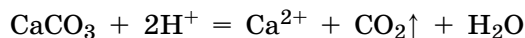


Нельзя
смешивать

ХИМИЯ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Сельское хозяйство естественным образом разделяется на два крупных направления: растениеводство и животноводство. Если разведением сельскохозяйственных животных занимаются немногие, то с растениеводством сталкивается практически каждый. И большинство растениеводов-любителей относятся к химии если не негативно, то очень настороженно. А зря!

ПОЧВА Основа любого огорода или сада — почва. На рост растений большое влияние оказывает концентрация ионов водорода. Увеличить pH можно внесением в почву веществ, которые связывают ионы водорода. Обычно для этого используют карбонаты кальция и магния в виде доломитовой муки:



Подумайте, почему для этой цели нельзя использовать щёлочи, например гидроксид натрия.

УДОБРЕНИЯ Исторически так сложилось, что для увеличения плодородия почвы человек стал использовать материалы, поставляемые ему живой природой. К органическим удобрениям относятся навоз, птичий помёт, торф и компост. Они содержат все необходимые для жизни растений питательные элементы, но их состав изменяется в широких пределах в зависимости от корма животных и применяемой подстилки (навоз и птичий помёт), способа хранения и условий образования (для всех органических удобрений).

Удобрения	Сульфат аммония	Нитрат аммония
Сульфат аммония		
Нитрат аммония		
Карбамид		
Суперфосфаты		
Нитрат калия		
Хлорид калия		
Известь		
Навоз		

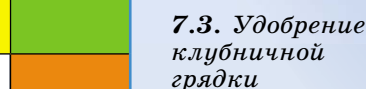
7.2. Сельскохозяйственная техника для внесения удобрений в почву

A close-up photograph showing a person's hand holding a small blue trowel with a green handle. The trowel is positioned over dark brown soil, and a small amount of white granular fertilizer is being poured from it. A young green plant with several leaves is visible to the left of the trowel. The background is slightly blurred, showing more soil and some distant greenery.

Навоз	



7.3. Удобрение клубничной грядки

[illegible]

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение кислотности почвы. «ПОМОЩНИК»

● Возьмите пять проб земли, каждая массой по 50 г, из разных участков территории: четыре — из углов, одну — из центра. Смешайте их, подсушите, тщательно измельчите и ещё раз перемешайте.

● Разровняйте почву в виде круга, разделите его на четыре равных сектора. Почву из первого и третьего секторов можно выбросить — она не понадобится. Почву из второго и четвёртого секторов перемешайте, снова разровняйте в виде круга, разделите на четыре части. Почву из первого и третьего секторов снова выбросите, а оставшуюся перемешайте. Повторяйте до тех пор, пока не останется почвы приблизительно 1/4 стакана.

● Долейте в стакан с почвой воду доверху и перемешивайте в течение 2 минут. Когда почва осядет и раствор просветлеет, измерьте реакцию среды с помощью универсального индикатора.

Наличие ионов кальция в почве очень важно для нормального развития всех видов сельскохозяйственных растений. При недостатке ионов кальция почва во время дождя превращается в вязкую грязь, которая при высыхании трескается, становится твёрдой, камнеподобной массой. В результате ослабляется развитие корневой системы и, как следствие, рост стеблей. Если для снижения кислотности почвы использовать доломитовую муку, то почва обогащается ионами магния, которые необходимы для синтеза хлорофилла. С ролью хлорофилла в жизни растений вы познакомились на уроках биологии.

ИОНЫ КАЛИЯ Наличие ионов калия в достаточном количестве оказывает большое воздействие на обмен веществ в растениях. Они способствуют переходу углеводов из пластинки листа в другие органы и стимулируют тем самым фотосинтез. Под действием ионов калия активизируется работа многих ферментов, значительно усиливается накопление углеводов в растениях.

Основными простыми удобрениями, содержащими ионы калия, являются хлорид калия в виде сильвина (другое название — калийная соль) и природная смесь хлоридов натрия и калия (сильвинит). Эти удобрения нельзя использовать при выращивании картофеля, винограда и некоторых других культур, которые плохо переносят избыток хлорид-ионов в почве. Под эти культуры в почву вносят золу, содержащую карбонат калия.

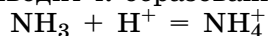
Карбонат калия не только обогащает почву ионами калия, но и, как любой карбонат, снижает кислотность почвы. На упаковках калийных удобрений, продаваемых в специализированных магазинах и рынках, традиционно указывается массовая доля не ионов калия, а массовая доля оксида калия, которого на самом-то деле в удобрениях нет. Чем больше массовая доля оксида калия, указанная на упаковке, тем больше ионов калия в удобрении.

ДИГИДРОФОСФАТ-ИОН Химический элемент фосфор, необходимый для синтеза рибонуклеиновых и дезоксирибонуклеиновых кислот, усваивается растениями в виде дигидрофосфат-ионов H_2PO_4^- . Минеральные удобрения, содержащие дигидрофосфат кальция, называются суперфосфатами. Реже используют фосфоритную муку или костную муку, в состав которых входит нерастворимый в воде фосфат кальция.

В зависимости от способа получения суперфосфатов массовая доля дигидрофосфата в удобрениях различна, но на упаковках, как и в случае калийных удобрений, указывают массовую долю не ионов, которые усваиваются растениями, а оксида фосфора(V), хотя такого вещества в фосфорных удобрениях нет.

ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ АЗОТ Химический элемент азот необходим для синтеза РНК, ДНК, АТФ, белков. Высшие растения усваивают не атмосферный азот, а ионы аммония, которые попадают в почву разными путями.

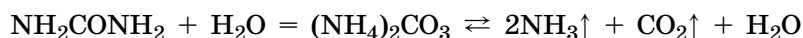
Первый путь — непосредственное внесение в почву аммиака — не очень удобен в практическом использовании (почему?), хотя и применяется в сельскохозяйственном производстве в промышленных масштабах. Взаимодействие аммиака с ионами водорода из почвенных растворов приводит к образованию ионов аммония:



Второй путь состоит во внесении в почву солей аммония NH_4NO_3 (торговое название «Аммиачная селитра») или $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (торговое название «Сульфат аммония» или «Сернокислый аммоний»).

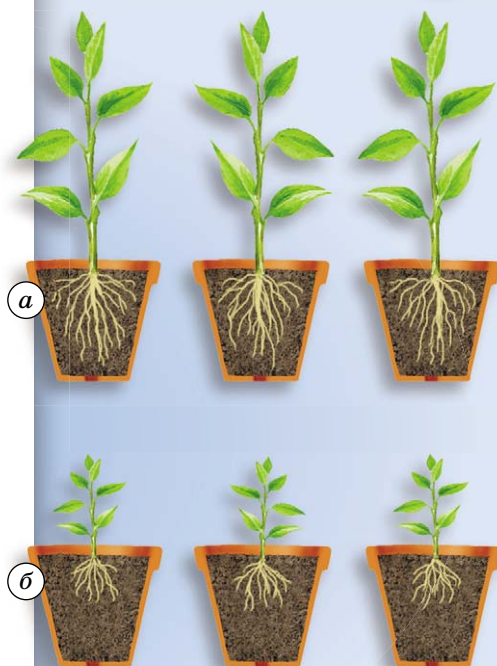
Серьёзным недостатком аммиачных удобрений является увеличение кислотности почвы (уменьшение pH) из-за гидролиза солей, образованных слабым основанием и сильными кислотами.

Третий путь — образование ионов аммония непосредственно в почве в результате гидролиза карбамида (второе торговое название «Мочевина»):



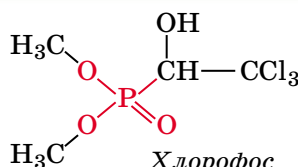
Четвёртый путь — использование селитр, т.е. солей азотной кислоты: NaNO_3 (торговые названия «Натриевая селитра», «Чилийская селитра»), KNO_3 (торговые названия «Калийная селитра», «Индийская селитра»), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (торговые названия «Кальциевая селитра», «Норвежская селитра») и уже известная вам аммиачная селитра.

Применение селитр связано с большими затратами энергии растениями: им приходится восстанавливать нитрат-ионы до ионов аммония. Избыток нитрат-ионов накапливается в тканях растений, в частности, в тех их частях, которые мы употребляем в пищу. Опасность отравления нитратами общеизвестна.



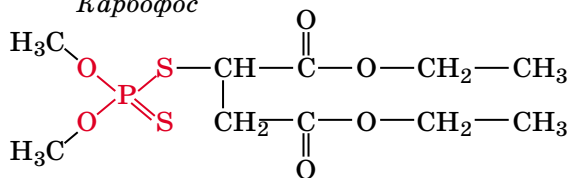
7.4. Эксперимент «Влияние азота на растения»:
а) экспериментальная группа;
б) контрольная группа

Химические средства защиты растений

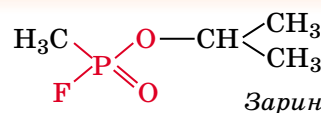


Хлорофос

Карбофос



Боевое отравляющее вещество



Зарин

ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

В процессе выращивания растений и при хранении готовой продукции теряется больше четверти урожая, поскольку на Земле обитает около 70 тысяч видов вредителей: насекомых, слизней, бактерий, вирусов, грызунов... Для борьбы с ними используют химические средства защиты растений, большинство из которых ядовиты. Сравните состав и строение некоторых веществ:



При распылении химических средств защиты растений обязательно используйте респиратор, чтобы не допустить попадания в дыхательные пути пылинок или мелких капель препарата!

Многие химические средства защиты растений хорошо растворяются в жире, покрывающем кожу. Поэтому после работы с ядохимикатами нужно вымыть лицо и руки с мылом.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Объясните, почему нельзя смешивать с известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$:
 - а) сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
 - б) суперфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.
- Ответ подтвердите уравнениями химических реакций.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что служит сырьём для промышленного получения углеводородов.
- Как получают углеводороды в больших объёмах.

ВСПОМНИТЕ:

- Способы разделения гомогенных смесей.
- С какими классами углеводородов вы познакомились в 10 классе?
- Значение углеводородов в жизни современного человека.

7.5. Средний состав природного газа (в % по объёму)

CH_4	80–97
C_2H_6	0,5–4,0
C_3H_8	0,2–1,5
C_4H_{10}	0,1–1,0
C_5H_{12}	0–1,0
$\text{N}_2, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{S}$ и другие газы	2–13

По данным Министерства энергетики Российской Федерации, запасы газа в нашей стране оцениваются в 164,2 трлн куб. м, в том числе на континентальном шельфе — 63,8 трлн куб. м. Запасы нефти (вместе с конденсатом) составляют свыше 16,5 млрд т.

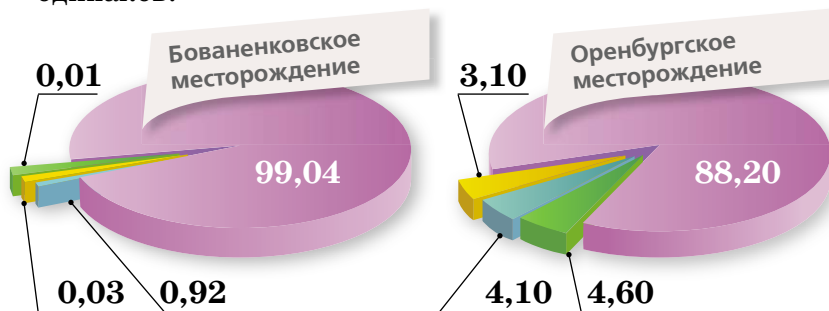
МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**Топливо.****«ПОМОЩНИК»**

Рассмотрите образцы, включённые в коллекции «Топливо», «Нефть и продукты её переработки», «Уголь и продукты его переработки», и заполните таблицы в тетради-практикуме.

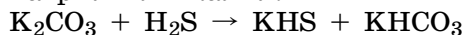
ХИМИЯ И ЭНЕРГЕТИКА

Топливом называют вещества, при сжигании которых выделяется большое количество теплоты и которые используются для получения энергии. Большинство из них — углеродсодержащие соединения от сложных органических соединений до почти чистого углерода. Важнейшими видами топлива являются природный газ, нефть и каменный уголь.

ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО Основным из используемых видов газообразного топлива является природный газ. Основная часть природного газа — метан. Помимо метана, в его состав входят ближайшие гомологи: этан, пропан, бутан и некоторые неуглеводородные смеси. Состав природного газа различных месторождений неодинаков.



Природный газ обязательно очищают от сероводорода, так как при его горении образуется оксид серы(IV). Для этой цели часто используют растворы карбонатов натрия или калия:



При нагревании в вакууме происходит восстановление поглотителя. Таким образом, реакция поглощения сероводорода — обратимая реакция.

7.6. Структура продаж газа по группам потребителей в 2017 г. (по материалам сайта «Газпром»)

ЖИДКОЕ ТОПЛИВО Нефть — единственное жидкое горючее ископаемое. Состав и соответственно свойства нефти зависят от месторождения.



Нефть — смесь углеводородов с включением некоторых других веществ. Поэтому нефть не имеет строго определённой температуры кипения, плотности, цвета.

Основную часть любой нефти составляют жидкие и, как правило, неразветвлённые алканы, в которых растворены высшие твёрдые углеводороды. Также в нефти растворены газообразные алканы от метана до бутана. При добыче нефти они отделяются от неё в виде нефтяного попутного газа. В состав нефти входят циклоалканы (нафтены), в основном производные циклопентана, циклогексана, а также сложные углеводороды с несколькими кольцами и боковыми цепями.

Кроме углеводородов, в нефти обнаружены вещества, содержащие атомы кислорода, серы и азота. Эти вещества очень затрудняют переработку нефти.

Переработка нефти заключается в разделении смеси на отдельные компоненты. Процесс основан на разных температурах кипения разных веществ, входящих в состав нефти, и проводится в специальных аппаратах — ректификационных колоннах.

Продукты перегонки нефти подвергаются химической переработке. Это позволяет полностью использовать вещества, входящие в состав нефти и значительно уменьшить объём отходов. Важнейшими группами нефтепродуктов являются топлива и масла.

УГОЛЬ Наша страна обладает значительными запасами разного вида углей. Большая часть добываемого угля используется как топливо и лишь незначительное количество подвергается химической переработке.

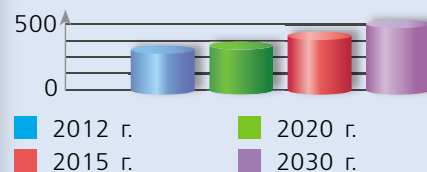
Химическая переработка угля заключается в его нагревании до 1500 °С без доступа воздуха. При такой температуре сложные органические вещества, входящие в состав угля, разлагаются на твёрдый остаток — кокс и сложную смесь газов и паров более простых по составу и строению органических веществ. Этот процесс называется коксованием.

Коксование проводят в печах периодического действия в течение примерно 12 часов. Чтобы оборудование для загрузки угля, выгрузки кокса и улавливания летучих продуктов коксования действовало непрерывно, печи связываются в батареи по 77 коксовых печей.

Образовавшийся кокс содержит до 97,5 % углерода и по своей структуре близок к графиту. Из летучих продуктов коксования выделяют неорганические (аммиак и его соли) и органические вещества (в основном ароматические углеводороды: бензол и его гомологи, нафталин и др.).

Способность бензина детонировать, т.е. взрываться при резком сжатии смеси паров бензина с воздухом, характеризуется октановым числом. Чем октановое число больше, тем больше можно сжать рабочую смесь в цилиндре двигателя внутреннего сгорания, тем больше мощность и КПД двигателя. Принято, что октановое число гептана равно нулю, а октановое число изооктана (2,2,4-триметилпентана) — 100. Если на АЗС вы покупаете бензин АИ-95, то это означает, что он детонирует так, как смесь из 5 % гептана и 95 % изооктана (по объёму).

Российская Федерация располагает значительными ресурсами угля — более 4000 млрд. т, в том числе 3641,9 млрд т (89 %) энергетического угля и 445,6 млрд т (11 %) коксующегося угля.



7.7. Объёмы добычи угля (млн т) в соответствии с Долгосрочной программой развития угольной промышленности России

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

● Об использовании нефти в качестве топлива Д. И. Менделеев заметил: «Топить можно и ассигнациями». Как вы думаете, почему учёный пришёл к такому выводу? Можно ли данное высказывание распространить на природный газ и каменный уголь? Дайте аргументированный ответ.

● Посетите сайт «Мир нефти» и на основе его материалов подготовьте сообщение на заинтересовавшую вас тему (5–7 мин.).

ВЫ УЗНАЕТЕ:

Как в промышленности получают стекло, керамику и цемент.

ВСПОМНИТЕ:

Какие вещества образуются при нагревании нерастворимых карбонатов.

На какие группы делятся оксиды.



**Курочкин Никанор
Илларионович**
1887–1967

Советский стекольщик, лауреат Государственной премии СССР. Разработал состав стёкол для Кремлёвских звёзд, витрин ГУМа и Центрального Детского Мира.

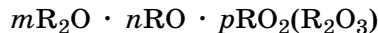
ХИМИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В повседневной жизни мы часто встречаемся с природными и искусственно полученными силикатами. В зависимости от состава, свойств и применения искусственные силикаты разделяются на три группы: стеклянные, керамические и вяжущие.

СТЕКЛО Стёклами называют твёрдые тела, которые образуются в результате переохлаждения жидкости. Большая вязкость переохлаждённой жидкости мешает образованию правильной кристаллической решётки.

Строение стекла определяет его основные свойства. У него нет определённой температуры плавления. Если стекло нагревать, то оно сначала размягчается, а потом превращается в подвижную жидкость. Широкое применение стекла обусловлено такими его свойствами, как прозрачность, устойчивость к воздействию большинства веществ. Стекло обладает низкой теплопроводностью и высокой механической прочностью. Одновременно с этим стекло очень хрупкое, но этот недостаток легко устраняется термической обработкой (закалённое стекло).

Состав стекла сложен, и обычно его выражают с помощью химических формул оксидов, входящих в состав стекла и соединённых друг с другом с помощью точек. Используя такой способ, можно записать общую формулу стекла:



Свойства стекла также зависят от состава, т.е. от природы и количественного соотношения оксидов. В состав стекла, с которым мы имеем дело в повседневной жизни, обязательно входит оксид кремния. Из других оксидов в состав обычного стекла входят оксиды натрия, магния и кальция. Если оксид натрия заменить оксидом калия, а оксиды магния и кальция — оксидом свинца(II), то стекло приобретёт ещё большие блеск и прозрачность, увеличится коэффициент преломления стекла. Такие стёкла мы называем хрусталём. В стекле, из которого изготавливают пробирки, химические стаканы, колбы и другие стеклянные предметы лабораторного оборудования, с которым вы работаете на уроках химии, оксид кремния частично заменён оксидами бора и алюминия. Эти оксиды придают стеклу большую химическую и термическую стойкость.

Сырьём для получения обычного стекла служат кварцевый песок, сода, доломит и мел или известняк. Варку стекла проводят при температуре от 1200 до 1400 °С. В стекловаренной печи протекают сложные физико-химические процессы, приводящие к образованию стекла.

Для формования изделий из стекла используют разные способы. Листовое оконное стекло получают вытягиванием с поверхности расплава. Полированное листовое стекло, из которого потом изготавливают зеркала, получают прокатом. Для изготовления химической и тарной посуды используют выдувание.



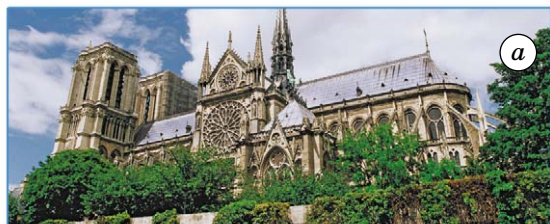
КЕРАМИКА Материалы и изделия, полученные в результате спекания глин, называют керамикой. При добавлении к глине небольшого количества воды и тщательном перемешивании образуется пластичная масса, из которой можно сформировать различные изделия. Форма изделий сохраняется при высыхании глины и закрепляется при обжиге.

При обжиге происходит неполное расплавление легкоплавких компонентов и взаимодействие некоторых веществ, входящих в состав глины. При охлаждении расплав затвердевает и прочно соединяет друг с другом частички нерасплавившихся компонентов глины. Спекшуюся массу керамики называют *черепком*.

Обычно керамика окрашена в различные оттенки коричневого цвета. Если взять белую глину, добавить кварцевый песок и полевой шпат, то после обжига получим фаянсовое или фарфоровое изделие.

Различие свойств фаянса и фарфора обусловлено разным соотношением исходных веществ и разной температурой обжига. Чтобы получить фарфор, берут больше кварцевого песка и полевого шпата. Обжиг проводят при более высокой температуре, чем обжиг фаянса.

ЦЕМЕНТ При строительстве всемирно известных шедевров архитектуры (а), памятников местного значения (б), обычных домов (в) — используются вещества, скрепляющие конструкции с помощью химических реакций.



7.8. (а) Собор Парижской Богоматери; (б) Алексеевские ворота Азовской крепости; (в) современный жилой дом

Современное строительство невозможно представить себе без использования цемента. Важнейшим видом цемента является портландцемент. Он производится из природного известняка (75–80 %) и легкоплавкой глины (20–25 %). В природе есть минерал, называемый мергелем, в котором смешаны мельчайшие частицы известняка и глинистых материалов. Если состав мергеля близок к составу смеси, его используют для производства цемента без добавления глины.

Сырьё тщательно смешивается и размалывается в специальных шаровых мельницах, в которые подаётся вода. Полученная густая суспензия (шлам) нагревается во вращающихся цилиндрических наклонных печах. Сначала из шлама испаряется вода, а при сильном нагревании образуются силикаты и алюмосиликаты кальция в виде округлых небольших кусков (клинкер). Через 2–4 недели хранения на складе клинкер размалывают в шаровых мельницах в очень мелкий порошок. Это и есть готовый цемент.



Более 400 лет назад в слободе Дымково (Кировская область) появился семейный народный промысел — изготовление глянцовой игрушки-свистульки. Мастерицы вручную лепили из глины, сушили, обжигали, красили яркими красками, украшали ромбиками свистульки в виде коней, уток, баранов. Дымковская игрушка — это яркий и самобытный символ Вятского края.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- В основе производства керамики, стекла и цемента лежит нагревание природных силикатов и алюмосиликатов до высокой температуры. Попробуйте объяснить, почему эти продукты силикатной промышленности столь значительно отличаются друг от друга.
- Найдите в Интернете сведения об объёмах производства силикатной промышленности за предыдущий год. Найдённую информацию представьте в виде круговой диаграммы, используя возможности электронных таблиц.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

● Какие общие принципы лежат в основе организации химических производств.

ВСПОМНИТЕ:

● Как управляют химическими реакциями при производстве изученных вами веществ?

ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Знакомясь с промышленным производством некоторых неорганических и органических веществ, вы обратили внимание на то, что каждое из них основано на использовании закономерностей протекания химических реакций. Обобщим и расширим полученные знания.

ЧЕЛОВЕК Очень часто в производственном процессе используются опасные для здоровья вещества. Такие вещества используются или образуются как промежуточные в производствах, с основами которых вы познакомились. Приведём ещё несколько примеров.

Сегодня широкое распространение получили нетканые салфетки для вытирания пыли. Их изготавливают из вязкого волокна, которое представляет собой целлюлозу. Для того чтобы целлюлозу превратить в тонкие нити, её обрабатывают раствором гидроксида натрия и сероуглеродом CS_2 . Сероуглерод очень токсичное и взрывоопасное вещество. Чтобы защитить человека, процесс проводят в герметичных аппаратах.



Герметизация аппаратов и установок — общий принцип научной организации химических производств.

Проведение химических реакций требует постоянного контроля за их протеканием. Отклонение технологического процесса от оптимальных условий может привести не только к снижению выхода продукта и ухудшению его качества, но и к авариям и даже к взрывам. Ручной контроль и регулирование требуют высокой квалификации персонала и многолетнего производственного опыта.



Замена ручного труда непрерывной автоматической работой приборов при контроле и регулировании производственных процессов называется автоматизацией производства.

Автоматизация позволяет:

- 1) защитить человека от действия неблагоприятных условий ручного труда (воздействия высоких температур, вредных веществ и т.п.);
- 2) сократить численность обслуживающего персонала с одновременным увеличением производительности труда;
- 3) поддерживать регулируемые параметры процесса около их оптимальных значений и получить продукт нужного качества;
- 4) осуществлять такие производственные процессы, которые не могут протекать при ручном регулировании.



ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА Современное производство может представлять опасность для здоровья не только тех, кто непосредственно связан с ним. Опасности подвергаются и те, кто живёт на территориях, на которых расположены производства. Защита среды обитания человека осуществляется в нескольких направлениях.

Безотходные производства — основное направление борьбы с загрязнением окружающей среды. Примером может служить использование апатитов, добываемых в Хибинах. Добываемый апатит разделяют на собственно апатит и нефелин. Из апатита получают фосфорные удобрения, фториды и гипс, а из нефелина — соду, поташ и цемент.

Другим примером безотходного производства может служить доменный процесс. Основным его продуктом является чугун. Важный побочный продукт доменного процесса — доменный шлак, который используется для производства цемента, шлакобетона. Вместе с отходящими газами из доменной печи выносятся пыль. Её улавливают в специальных аппаратах и затем спекают с рудой, которая поступает в доменную печь.



Принцип использования производственных отходов также называют принципом комплексного использования сырья.

Многие химические производства используют воду, которая забирается из природных источников и потом возвращается в них. Сточные воды промышленных предприятий практически всегда содержат много опасных веществ. Их удаляют не только физическими методами (отстаивание, фильтрование и т.п.), но и с помощью химических реакций. Так, например, для нейтрализации кислот и осаждения тяжёлых металлов используют гидроксид кальция.

СЫРЬЁ Проблема как можно более полного использования сырья относится к важнейшим проблемам химической технологии. Например, при обычной перегонке нефти остаётся мазут, который можно применять в качестве топлива. Но если проводить перегонку при пониженном давлении, из него можно получить ещё много ценных веществ.

Большое число химических реакций, используемых в промышленности, являются обратимыми. После выделения из равновесной смеси

7.9. Доля химической промышленности в загрязнении окружающей среды (% от всех видов хозяйственной деятельности)



7.10. Химическая очистка воды



Каупер
Эдуард Альфред
1819–1893

Английский инженер и изобретатель. Изобрёл воздухонагревательный аппарат регенеративного типа для нагрева воздуха (дутья) перед подачей его в доменные печи (1857), используемый со значительными изменениями в доменном производстве до сих пор и часто называемый каупером. Также сконструировал двухцилиндровую паровую машину-компаунд (1857), колесо со стальными спицами и резиновыми шинами (1868), пишущий электромагнитный телеграф (1879).

нужного продукта остаются непрореагировавшие исходные вещества, в получение которых был вложен труд многих людей. Поэтому их вновь отправляют в аппараты, в которых протекает химическая реакция.



Циркуляция веществ — важнейший принцип организации химического производства, в основе которого лежит обратимая химическая реакция.

ЭНЕРГИЯ Себестоимость готового продукта складывается из многих составляющих (каких?), среди которых доля расходов на энергию может превышать 50 %. Многие химические реакции, используемые в промышленности, протекают при повышенных температурах, что требует расхода топлива. Для уменьшения расходов на предприятиях используют теплоту экзотермических реакций для нагревания исходных веществ. Так, например, теплообмен используется при получении серной кислоты, аммиака, метилового спирта и многих других веществ.

Для снижения энергозатрат используют и другие методы. Например, чтобы доменная печь нормально работала, необходима постоянная подача горячего воздуха. Нагревание проводят в воздухонагревателе-каупере, изобретённом английским инженером Каупером.

Доменный газ, содержащий много оксида углерода(II), смешивают с природным газом и сжигают в камере горения каупера. Горячие газообразные продукты горения раскаляют кирпичную кладку-насадку. Когда насадка достаточно нагреется, в каупер подают холодный воздух, который от соприкосновения с раскалённым кирпичом нагревается до 700–900 °С.

Использование кауперов в доменном процессе позволяет решить две важные задачи: снизить расход природного газа для нагревания воздуха и предотвратить попадание в атмосферу ядовитого угарного газа.

1
Принцип непрерывности производства

2
Циркуляция реагирующих веществ

3
Комплексное использование сырья

4
Использование противотока

5
Оптимальные условия для проведения реакций

6
Принцип теплообмена (максимальное использование теплоты химических реакций)

7
Увеличение площади соприкосновения реагирующих веществ

ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ Знание закономерностей течения химических реакций даёт возможность значительно снизить неизбежные производственные потери.

Вы помните, что при получении серной кислоты оксид серы(VI) поглощают концентрированной серной кислотой (§ 45). Вода, содержащаяся в концентрированной серной кислоте, взаимодействует с серным ангидридом с образованием серной кислоты. Реагирующие вещества находятся в разных агрегатных состояниях, поэтому скорость реакции определяется величиной поверхности соприкосновения веществ. Для увеличения поверхности соприкосновения в поглотительные башни помещают специальные насадки, которые омываются поглощаемой жидкостью и поглощаемым газом.

Благодаря движению газа и жидкости навстречу друг другу (противотоком) достигается полнота улавливания оксида серы(VI) и максимальная концентрация серной кислоты.

При проведении обратимых химических реакций создают такие условия, при которых равновесие смещается в сторону производимого продукта. Если в основе производства лежат необратимые химические реакции, то используют способы увеличения их скорости, чтобы за единицу времени получить как можно больше продукта.

Непрерывность получения продукта ещё один важный принцип химической технологии. Например, коксование угля длится около 12 часов. Если использовать только одну печь, то будет простаивать дорогостоящее оборудование, необходимое для загрузки угля и выгрузки кокса. Непрерывность работы коксохимического производства обеспечивается соединением отдельных коксовых печей в батарею (обычно 77 печей).

7.11. Общие принципы химических производств

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

11

Охрана окружающей среды

10

Механизация и автоматизация производства

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Самостоятельно сформулируйте основные общие принципы организации химического производства. Приведите свои примеры.
- Как представленные на схеме общие принципы химических производств связаны с экологическими проблемами человечества? Покажите эту связь с помощью компьютерной презентации (один принцип = один слайд).

8

Повышение концентрации реагирующих веществ

9

Применение катализаторов

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Из каких природных соединений получают чугун.
- Чем по составу чугун отличается от стали.
- Какие химические реакции лежат в основе получения чёрных металлов.

ВСПОМНИТЕ:

- Какая отрасль промышленности называется металлургией?
- Химические свойства углерода, оксидов углерода(II), углерода(IV), железа(II) и железа(III).

Почти 2/3 общероссийских запасов железной руды приходится на крупнейшее месторождение в мире — Курскую магнитную аномалию (КМА).

МЕТАЛЛУРГИЯ

Одной из важных отраслей промышленности в мире является металлургия. Постоянно совершенствуются технические устройства, в которых получают чёрные и цветные металлы, но сущность химических процессов остаётся неизменной.

СЫРЬЁ ДЛЯ ЧЁРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ Основу руд, используемых в чёрной металлургии, составляют оксиды железа:

Fe_3O_4 — основа магнитного железняка, или магнетита. В наиболее богатых рудах массовая доля железа составляет от 50 до 60 %;

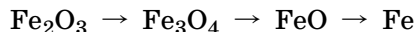
Fe_2O_3 — основа красного железняка, или гематита. Массовая доля железа в этой руде колеблется в пределах 51–66%;

$m\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ — бурые железняки с массовой долей железа от 37 до 55 %.

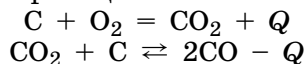
Все руды содержат пустую породу (глина, сланцы и т.п.), а также примеси соединений серы, фосфора, мышьяка и других химических элементов. Для удаления пустой породы и вредных примесей необходимы флюсы — вещества, которые образуют с пустой породой и примесями легкоплавкий сплав — шлак. В качестве флюсов обычно используют известняк CaCO_3 или доломит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$.

Процессы выделения железа из его оксидов протекают при высоких температурах, поэтому необходимо топливо. Основным видом топлива служит кокс. При его горении выделяется большое количество теплоты, а также образуется восстановитель железа — оксид углерода(II).

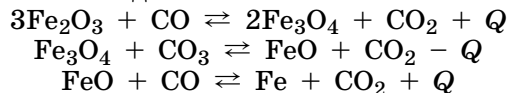
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА Схематично последовательность превращения железной руды в железо можно представить так:



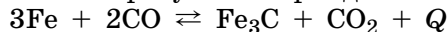
Основным восстановителем служит оксид углерода(II), который образуется из кокса в результате двух последовательных реакций:



Оксид углерода(II) последовательно восстанавливает оксиды железа до железа:



ОБРАЗОВАНИЕ ЧУГУНА При высокой температуре расплавленное железо взаимодействует с угарным газом, в результате чего образуется карбид железа:

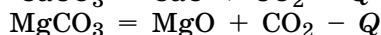
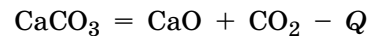


Карбид железа и углерод растворяются в расплавленном железе с образованием относительно легкоплавкого сплава.

Оксиды железа взаимодействуют с раскалённым коксом, но поверхность соприкосновения оксидов железа с твёрдым восстановителем меньше, чем с угарным газом. Поэтому основным восстановителем является оксид углерода(II).

Одновременно с восстановлением железа частично восстанавливаются фосфор, сера, марганец и кремний. Они тоже растворяются в железе. Так образуется чугун — сплав железа с массовой долей углерода до 4,5 %.

ОБРАЗОВАНИЕ ШЛАКА Пустая порода, которая всегда присутствует в железной руде, выводится в виде шлака. На первом этапе происходит разложение флюсов на оксиды:

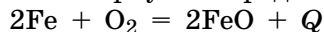


Оксиды кальция, магния и алюминия (оксид алюминия из пустой породы) в условиях получения чугуна не плавятся и не восстанавливаются. Они взаимодействуют друг с другом и с кремнезёмом пустой породы, образуя легкоплавкие силикаты, алюминаты и алюмосиликаты. Расплав этих солей, имеющих довольно сложный состав, не смешивается с расплавленным чугуном. Поскольку плотность расплавленного шлака меньше плотности расплавленного чугуна, шлак собирается над чугуном.

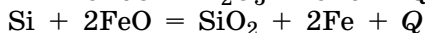
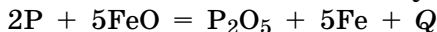
ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПЕРЕДЕЛА ЧУГУНА В СТАЛЬ По своему составу сталь отличается от чугуна меньшей массовой долей примесей, растворённых в железе. Например, в чугуне массовая доля углерода может достигать 4,4 %, а в стали — не более 2 %.

Суть передела чугуна в сталь заключается в снижении массовых долей углерода, кремния и марганца до заданных величин и максимально полное удаление вредных примесей (серы и фосфора). Если получение чугуна основано на восстановительных процессах, то при варке стали преобладают процессы окисления. В качестве окислителей используют кислород воздуха и оксиды железа, содержащиеся в металлоломе, который добавляют в расплавленный чугун.

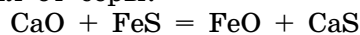
Основная масса чугуна — железо. Поэтому именно железо окисляется в первую очередь:



Образовавшийся оксид железа(II) окисляет примеси, находящиеся в расплаве, и вновь восстанавливается до железа:



Флюсы, добавляемые в чугун при его переделе в сталь, взаимодействуют с оксидами фосфора(V) и кремния, переводя их в шлак. Также флюсы частично освобождают металл от серы:



После достижения заданных значений содержания компонентов в сталь вводят так называемые раскислители, которые восстанавливают растворённый в стали оксид железа(II) до железа.



7.12. Расход сырья и электроэнергии на производство 1 т чёрных металлов

В 1864 г. французские инженеры отец и сын Мартен применили для выплавки стали пламенную печь ванного типа. В 1855 г. Бессемер получил сталь продуванием сжатого воздуха через расплавленный чугун. Аппарат для такого способа получения стали называют конвертором. В 1901 г. В.П. Ижевский сконструировал первую электроплавильную печь, а в 1910 г. на Обуховском заводе (Санкт-Петербург) была пущена первая в России электродуговая сталеплавильная печь.



В природе медь встречается в самородном состоянии, но её количество не может удовлетворить нужды современного общества.



В числе примесей могут находиться и благородные металлы — серебро и золото. Часто в черновой меди содержатся железо, никель, сера, цинк, мышьяк, селен, теллур и т.д.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Физические свойства цветных металлов и сплавов.

«ПОМОЩНИК»

● Рассмотрите образцы из коллекции «Металлы и сплавы». Выберите из них алюминий, медь и их сплавы.

● Опишите их физические свойства, доступные непосредственному наблюдению.

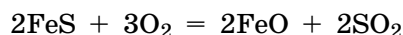
СЫРЬЁ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕДИ Медь получают из её природных соединений — руд. Основные руды меди:

CuFeS_2 — медный колчедан, или халькопирит. Массовая доля меди в этой руде достигает 30 %. Большую часть меди получают из халькопирита.

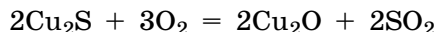
Cu_2S — медный блеск, или халькозин; относится к богатым медным рудам, так как массовая доля меди в нём достигает почти 80 %.

Сульфидная руда содержит пустую породу, состоящую из оксидов кремния, алюминия, железа и других химических элементов. Если сульфидную руду расплавить, то после отстаивания расплав разделяется на две части. В верхней части собирается лёгкий шлак — сплав оксидов. Под шлаком находится более тяжёлый сплав сульфидов меди и железа, который называют штейном.

ПЕРЕДЕЛ ШТЕЙНА В ЧЕРНОВУЮ МЕДЬ Из полученной смеси сульфидов необходимо выделить металлическую медь. Для этого в расплавленный штейн добавляют кварц SiO_2 и продувают через расплав воздух. Сначала происходит окисление сульфида железа(II):



Образовавшийся оксид железа(II) связывается оксидом кремния в легкоплавкий шлак. После слива расплавленного шлака через расплав сульфида меди(I) продолжают продувать воздух. В результате сульфид меди(I) превращается в оксид меди(I):



Оксид меди(I) взаимодействует с сульфидом меди(I):



Полученная медь содержит до 3 % примесей. Применяемая в технике медь должна содержать не менее 99% основного металла, поэтому черновую медь подвергают очистке, или рафинированию.

РАФИНИРОВАНИЕ МЕДИ Основным способом очистки меди от примесей является электролитическое рафинирование. Из черновой меди отливают анод массой до 350 кг. Его помещают в электролизёр, в котором находится раствор сульфата меди(II), подкисленный серной кислотой. Катодом служит тонкая пластинка из чистой меди.

При пропускании через раствор постоянного тока происходит растворение анода и осаждение на катоде чистой меди. Масса анода уменьшается, а масса катода увеличивается. На дне ванны электролизёра осаждаются примеси, содержащиеся в черновой меди — шлам. Из шлама извлекают благородные металлы, селен и теллур.

СЫРЬЁ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЯ Природными промышленными соединениями алюминия являются бокситы и нефелины — руды сложного химического состава. Из них на глинозёмных заводах извлекают оксид

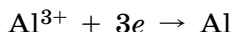
алюминия, который и используется для непосредственного получения алюминия.

ВЫБОР ВОССТАНОВИТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЯ

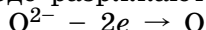
В отличие от железа и меди алюминий обладает высокой химической активностью, поэтому его не удаётся восстановить водородом. Кокс в качестве восстановителя также не подходит, так как реакция оксида алюминия с углеродом начинается при температуре выше 2000 °С. При таких условиях углерод взаимодействует с алюминием и вместо металла получается карбид алюминия. Единственным экономически оправданным способом получения алюминия из его оксида оказался электролиз. Но оксид алюминия плавится при очень высокой температуре (2050 °С), поэтому электролитическому восстановлению подвергают растворы оксида алюминия в расплаве криолита.

ЭЛЕКТРОЛИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

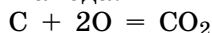
В расплавленном криолите оксид алюминия диссоциирует. Положительно заряженные ионы алюминия восстанавливаются на катоде, которым служит ранее полученный расплавленный алюминий:



На угольном аноде разряжаются ионы кислорода:



Атомы кислорода не успевают соединиться в молекулу, так как моментально вступают в химическую реакцию с углеродом анода:

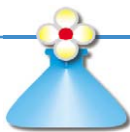


В результате этой реакции анод постепенно сгорает. Для его замены была изобретена конструкция, которая не требует остановки электролизёра.

Полученный алюминий извлекается из электролизёра один раз в сутки с помощью вакуумного ковша, из которого металл затем разливается в формы.

Использование металлов для восстановления алюминия весьма ограничено — оксид алюминия взаимодействует лишь со щелочными металлами, которые очень дороги.

Сила тока в электролизёре достигает 150 тыс. А. В нём получают до 1100 кг алюминия в сутки при расходе электроэнергии 15 тыс. кВт·ч на 1 т алюминия.



«И снится Вере Павловне сон... Из чего эти двери и рамы окон? Что это такое? серебро? платина? да и мебель почти вся такая же, — мебель из дерева тут лишь каприз, она только для разнообразия, но из чего ж вся остальная мебель, потолки и полы? «Попробуй подвинуть это кресло», — говорит старшая царица. Эта металлическая мебель легче нашей ореховой. Но что ж это за металл? Ах, знаю теперь, Саша показывал мне такую дощечку, она была легка, как стекло, и теперь уж есть такие серьги, брошки; да, Саша говорил, что, рано или поздно, алюминий заменит собою дерево, может быть, и камень. Но как же всё это богато! Везде алюминий и алюминий, и все промежутки окон одеты огромными зеркалами».

Н.Г. Чернышевский. «Что делать?»

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Сравните способы получения чугуна, стали, меди и алюминия. Что в них общего? Чем они различаются? Ответ представьте в табличной форме.
- Найдите в Интернете информацию о современных аппаратах и установках, использующихся (на ваш выбор) для получения чугуна, стали, меди или алюминия. Подготовьте небольшое сообщение (5–7 мин) об их устройстве и принципе действия.

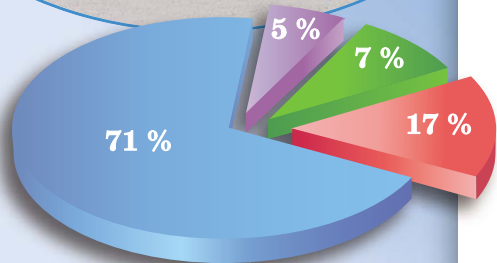
ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какие химические реакции лежат в основе промышленного получения серной кислоты.
- Как химики и инженеры сумели «обмануть» химические реакции.

ВСПОМНИТЕ:

- Какими свойствами обладает концентрированная серная кислота?
- Химические свойства оксидов азота(II) и азота(IV).

По данным лаборатории серной кислоты Научно-исследовательского института по удобрениям и инсектофунгицидам имени профессора Я.В. Самойлова, использование пирита в качестве сырья для производства серной кислоты с 2008 г. прекращено. Основным сырьём в настоящее время является сера.



■ Сера ■ Сероводород
■ Оксид серы ■ Пирит

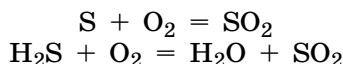
7.13. Сырьевая база производства серной кислоты в Российской Федерации

ПРОИЗВОДСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Если какое-либо производство основано на химических реакциях, то оно почти всегда использует серную кислоту. В нашей стране 73 предприятия химической, нефтехимической и металлургической промышленности ежегодно вырабатывают 11,67 млн т серной кислоты.

СЫРЬЁ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ Сырьём для производства серной кислоты служат сера, оксид серы(IV) в отходящих газах металлургических производств, сероводород (отход газо- и нефтепереработки), пирит FeS_2 .

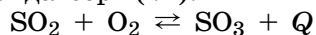
ПЕРВАЯ ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ Если для получения серной кислоты используют серу или сероводород, то их сначала нужно окислить. Окислителем служит воздух, освобождённый от паров воды:



Серу, используемую в качестве сырья, сначала расплавляют, а затем жидкую серу сжигают в специальных печах.

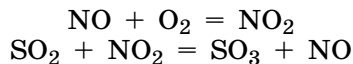
Полученный оксид серы(IV) очищают от примесей и отправляют на дальнейшую переработку.

ВТОРАЯ ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ Очищенный от примесей сернистый газ окисляют до оксида серы(VI):



Проведение этой химической реакции в промышленных масштабах поставило перед химиками и инженерами несколько сложных проблем, которые успешно были решены.

Во-первых, окисление оксида серы(IV) до оксида серы(VI) возможно только в присутствии катализатора. Начиная со второй половины XVIII в. в качестве катализатора использовали оксид азота(II). Он практически мгновенно окисляется кислородом воздуха, а образовавшийся оксид азота(IV) также мгновенно окисляет оксид серы(IV):

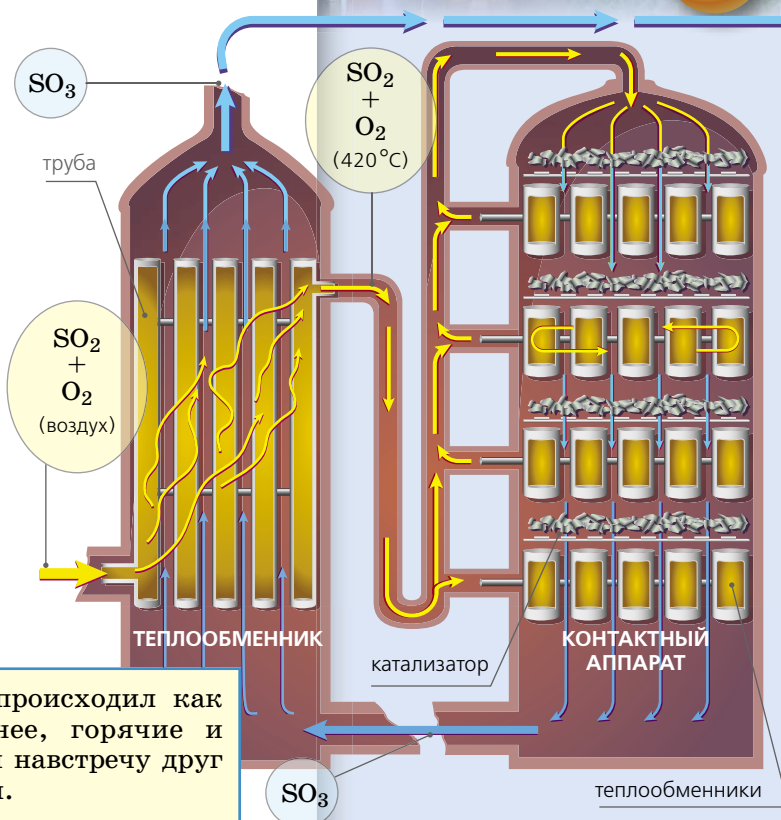


Этот способ, получивший название нитрозного способа, до сих пор используется: примерно 20% мирового производства серной кислоты использует оксид азота(II) в качестве катализатора.

В XX в. в промышленности стали использовать твёрдые катализаторы: сначала на основе платины, а сегодня — на основе оксида ванадия(V). На этот способ приходится 80% мирового производства серной кислоты.

Использование катализатора требует создания оптимальной температуры. Ванадиевые катализаторы проявляют свою активность при температуре 400–450 °С. Следовательно, исходную смесь газов необходимо нагреть до нужной температуры.

Реакция окисления оксида серы(IV) обратима и идёт с выделением тепла, поэтому нагревание реакционной смеси вызовет разложение образующегося оксида серы(VI). Чтобы сместить равновесие в сторону образования серного ангидрида, нужно отводить выделяющееся тепло, т.е. охлаждать реакционную смесь. Но тогда не будет работать катализатор. Проблемы были решены с помощью одного устройства, которое называется теплообменником.



Чтобы обмен теплотой происходил как можно быстрее и полнее, горячие и холодные газы движутся навстречу друг другу, т.е. противотоком.

7.14. Крупнейший в Европе комплекс по производству серной кислоты — АО «ФосАгро-Череповец»



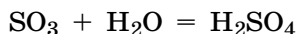
ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Найдите в тексте уравнения химических реакций, в которых «забыли» поставить коэффициенты. Выпишите их и исправьте «ошибки».
- Как вы думаете, почему аппарат, в котором происходит окисление оксида серы(IV), называют контактным?

ТРЕТЬЯ ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЕРНОЙ

КИСЛОТЫ

Как вы помните, растворимые в воде кислоты можно получить при взаимодействии кислотного оксида с водой:



Оксид серы(VI) быстро растворяется не только в воде, но и водяном паре, который всегда находится над водой. Поэтому при растворении серного ангидрида в воде образуется сернокислотный туман. Его невозможно уловить ни водой, ни водным раствором серной кислоты. Попадание сернокислотного тумана в окружающую среду очень опасно (подумайте почему).

Исследования показали, что наиболее оптимальным растворителем оксида серы(VI) является концентрированная серная кислота, содержащая около 98 % H_2SO_4 .



Современные предприятия по производству серной кислоты оснащены оборудованием, практически исключающим попадание вредных веществ в окружающую среду. Объемная доля SO_2 в газовых выбросах не превышает 0,04 %, а SO_3 — не более 0,0005 %. Сернокислотный туман в атмосферу вовсе не попадает. Не содержит вредных веществ и вода, которая сбрасывается в водоёмы.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

Как на химических предприятиях получают питание для растений.

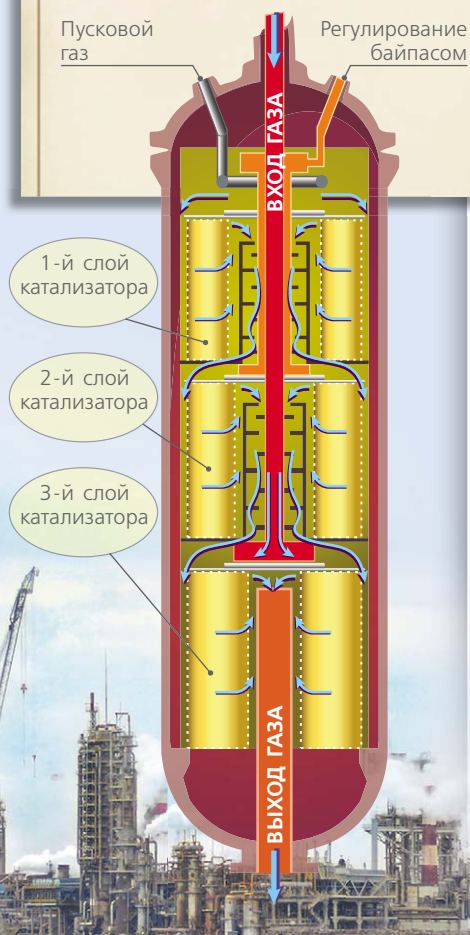
ВСПОМНИТЕ:

Какие химические элементы нужны для нормального развития растений?

Как на уроках химии вы получали аммиак?

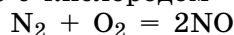
Химические свойства аммиака, азотной кислоты, нитратов.

Современные установки синтеза аммиака мощностью до 3500 т в сутки состоят из двух контуров. В первом реакция проводится при низком давлении (10 МПа), во втором — при высоком (21 МПа). Разрабатываются установки мощностью свыше 4000 т аммиака в сутки.

**СВЯЗАННЫЙ АЗОТ**

Современное сельскохозяйственное производство не может обойтись без помощи химии (почему?). Эта помощь многогранна, но здесь мы рассмотрим только одно направление: помощь растениям в получении ими одного из важнейших химических элементов — азота.

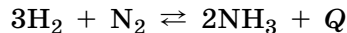
ПУТИ СВЯЗЫВАНИЯ АТМОСФЕРНОГО АЗОТА Без азота невозможно образование белков и нуклеиновых кислот, но растения не могут усваивать атмосферный азот из-за его высокой химической инертности. Так, например, реакция азота с кислородом



протекает при температуре около 4000 °С. Для её практического осуществления необходим очень большой расход электроэнергии, что делает синтез оксида азота(II) экономически невыгодным.

Исследования условий протекания других химических реакций, приводящих к связыванию азота в соединения, позволили выбрать наиболее эффективный путь — синтез аммиака из азота воздуха и водорода.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ СИНТЕЗ АММИАКА Взаимодействие азота с водородом — обратимая, экзотермическая реакция, идущая с уменьшением объёма:



Обеспечить смещение равновесия в сторону образования аммиака можно четырьмя способами:

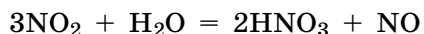
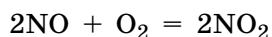
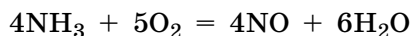
- 1) увеличивать концентрацию одного из исходных веществ, например азота, который дешевле водорода;
- 2) уменьшать концентрацию аммиака, удаляя его из сферы реакции;
- 3) охлаждать газовую смесь, чтобы выделяющаяся теплота не вызывала разложение аммиака на простые вещества;
- 4) проводить реакцию при высоком давлении.

Скорость этой реакции невелика, поэтому необходимо использовать катализатор — металлическое железо, активированное специальными добавками. Железо проявляет свои каталитические свойства при температуре около 450 °С, а в этих условиях аммиак быстро разлагается на азот и водород. Способ разрешения этого противоречия вам известен: нужно охлаждать отходящую смесь газов холодной азото-водородной смесью.

В газовой смеси, образующейся после прохождения катализатора, объёмная доля аммиака невелика и обычно составляет около 20%. Оставшиеся четыре пятых — непрореагировавшие водород и азот. Их отделяют от аммиака охлаждением ($t_{\text{кип.}}(\text{H}_2) = -252,9\text{ °C}$; $t_{\text{кип.}}(\text{N}_2) = -195,8\text{ °C}$; $t_{\text{кип.}}(\text{NH}_3) = -33,34\text{ °C}$) и затем вновь отправляют в колонну синтеза.

ПОЛУЧЕНИЕ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Значительная часть полученного аммиака подвергается дальнейшей переработке в азотную кислоту. В основе промышленного получения азотной кислоты лежат химические реакции окисления аммиака и взаимодействие оксида азота(IV) с водой:



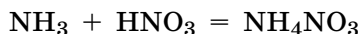
Для окисления аммиака до оксида азота(II) используют катализатор — сплав платины с родием. Катализатор изготавливают в виде круглых сеток, диаметр которых может достигать 5,5 м. Чтобы сократить потери платины, под катализаторными сетками устанавливают сетки-уловители, сделанные из палладия.

В промышленности химические реакции, лежащие в основе получения азотной кислоты проводят при повышенном давлении. В современных установках всё чаще используется смешанная схема: первые две реакции проводят при давлении 0,4–0,6 МПа, а третью — при давлении 1–1,2 МПа.

В мире за один год производится около 55 млн т азотной кислоты разной концентрации. Около 80 % полученной азотной кислоты идёт на производство минеральных удобрений.

АММИАЧНАЯ СЕЛИТРА — ВАЖНЕЙШЕЕ АЗОТНОЕ УДОБРЕНИЕ

Аммиак и азотная кислота, получаемая на предприятиях азотно-туковой промышленности, являются исходными веществами для получения аммиачной селитры. В основе промышленного процесса лежит всего одна химическая реакция — реакция нейтрализации азотной кислоты аммиаком:



Взаимодействие аммиака с раствором азотной кислоты сопровождается выделением тепла, которое используется для получения гранулированного удобрения.

Горячий раствор аммиачной селитры, нагретый теплотой реакции нейтрализации, поступает в вакуумный испаритель. Вода моментально испаряется, и остаётся горячий расплав нитрата аммония. В специальных аппаратах-грануляторах расплав превращается в гранулированное удобрение.



7.15. Потребление азотной кислоты

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение минеральных удобрений.

«ПОМОЩНИК»

Самостоятельно подготовьтесь к практическому занятию, используя материалы тетради-практикума.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

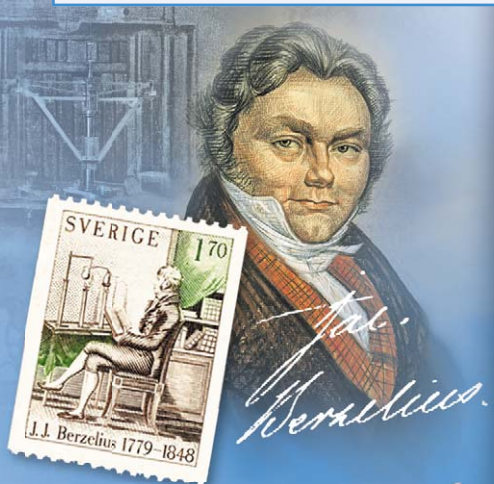
Подготовьте устное сообщение о производстве азотных удобрений (5–7 мин).

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как получают полупроводники.

ВСПОМНИТЕ:

- Типы проводимости полупроводников.



Простое вещество кремний впервые было получено в 1825 г. шведским химиком Й.Я. Берцелиусом.

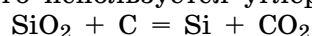
Существование аналога кремния — «экасилиция» на основе периодической системы предсказал Д.И. Менделеев в 1871 г. Немецкий химик К. Винклер в 1886 г. выделил новый элемент, который по свойствам соответствовал предсказанному Менделеевым. Винклер назвал его германием, в честь своей родины.



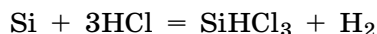
ПОЛУПРОВОДНИКИ

Нашу жизнь уже невозможно представить без полупроводников. Простейший пример: телевизор воспринимает и обрабатывает сигнал с телестудии с помощью полупроводников и показывает нам «картинку» тоже с помощью полупроводников — светодиодных ламп подсветки экрана. Победоносное наступление компьютеров по всему миру началось из Кремниевой долины — небольшой области в штате Калифорния (США), получившей своё неофициальное название в честь кремния. Как же в промышленности получают полупроводники?

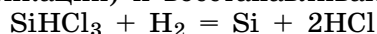
КРЕМНИЙ Сырьём для промышленного получения кремния служит его оксид SiO_2 . В качестве восстановителя чаще всего используется углерод (кокс):



Полученный кремний содержит много примесей и поэтому его нельзя использовать для изготовления полупроводниковых приборов. Для очистки технический кремний обрабатывают хлороводородом при нагревании:



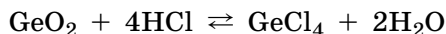
Трихлорсилан тщательно очищают методом перегонки (ректификации) и восстанавливают водородом:



Легко заметить, что восстановление кремния — это реакция, обратная реакции получения трихлорсилана. Чтобы сместить равновесие в сторону образования кремния, в реакторе, где проводят восстановление кремния, натягивают вольфрамовые нити. На этих нитях, нагреваемых проходящим по ним электрическим током, осаждается кремний, который уже можно использовать для изготовления полупроводниковых приборов.

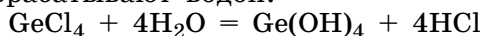
ГЕРМАНИЙ Важным полупроводником является германий. Этот химический элемент не образует месторождений минералов, поэтому сырьём для его получения служат зола и сажа от сжигания угля, пыль обжига цинковых и медных руд. Из них выделяют оксид германия(IV), который подвергается дальнейшей химической переработке.

Сначала оксид германия(IV) превращают в хлорид германия(IV). Для этого его кипятят в соляной кислоте:

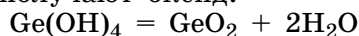


Поскольку реакция обратима, необходимо вывести хлорид германия(IV) из зоны реакции. Хлорид германия(IV) кипит при низкой температуре — всего 83°C , что ниже температуры кипения соляной кислоты. Для удаления паров хлорида германия(IV) в реактор подают газообразный хлороводород. Это также способствует смещению равновесия в сторону продуктов реакции. Полученный хлорид германия(IV) тщательно

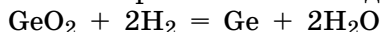
очищают от примесей с помощью многократной перегонки и обрабатывают водой:



Прокаливанием нерастворимого гидроксида германия(IV) вновь получают оксид:



Восстанавливают германий из оксида водородом:



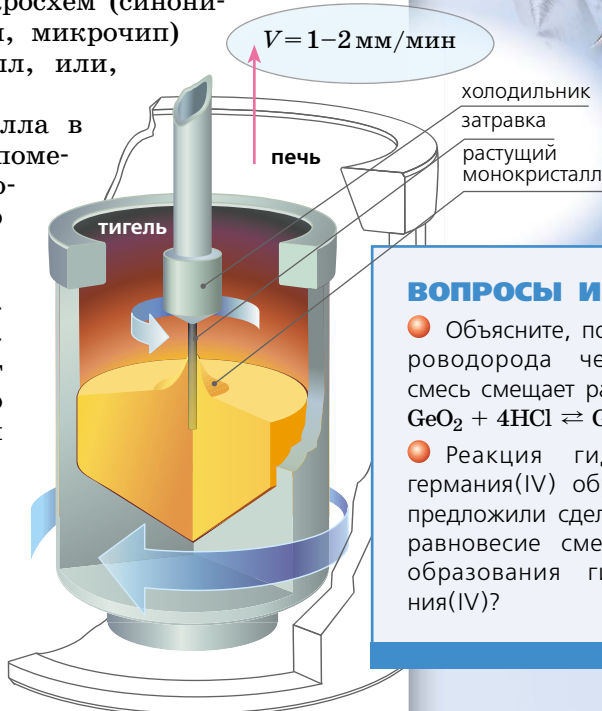
ОЧИСТКА КРЕМНИЯ И ГЕРМАНИЯ Кремний и германий нуждаются в дополнительной очистке, чтобы их можно было использовать в электронике. Существует несколько методов получения особо чистых кремния и германия, но здесь мы рассмотрим сущность только одного из них — метода зонной плавки.

Слиток кремния или германия длиной от 20 до 40 см помещают в лодочку, изготовленную из кварца. Лодочку, в свою очередь, помещают внутрь кварцевой трубки, через которую пропускают инертный газ. Снаружи на трубку надет кольцевой электронагреватель, с помощью которого расплавляют один из концов слитка так, чтобы зона расплава была от 3 до 6 см.

Кольцевой электронагреватель медленно передвигается к другому концу слитка, и за ним следует зона расплава. Все примеси собираются в расплавленной части, а в остывающей части кристаллизуется более чистый кремний или германий. Повторяя процесс многократно, можно получить очень чистые вещества.

МОНОКРИСТАЛЛЫ Даже тщательно очищенные кремний и германий не годятся для создания основы современной электроники. Полученные слитки представляют собой множество мелких кристаллов, соединённых друг с другом. Для изготовления микросхем (синонимы — интегральная схема, чип, микрочип) необходим однородный кристалл, или, как говорят, монокристалл.

Для получения монокристалла в расплав кремния или германия помещают затравку в виде маленького кристаллика, закреплённого на стержне. Стержень медленно поднимается вверх, вращаясь вокруг своей оси. Тигель с расплавленным кремнием или германием также вращается вокруг своей оси, но в противоположную сторону. Температура затравки немного ниже температуры плавления кремния или германия, так как стержень охлаждают. При постепенном автоматическом поднимании стержня из расплава вытягивается монокристалл.



Для создания дырочной проводимости в расплав германия добавляют незначительные количества алюминия или галлия. Добавление сурьмы или мышьяка создаёт электронную проводимость. Если после создания в монокристалле определённого типа проводимости в расплав ввести примеси, создающие другой тип проводимости, получится монокристалл с электронно-дырочным переходом.

Методом зонной плавки получают, например, германий, в котором на 1 000 000 000 (один миллиард!) атомов германия приходится всего один атом примеси.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Объясните, почему продувка хлороводорода через реакционную смесь смещает равновесие в системе $\text{GeO}_2 + 4\text{HCl} \rightleftharpoons \text{GeCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ вправо.
- Реакция гидролиза хлорида германия(IV) обратима. Что бы вы предложили сделать для того, чтобы равновесие сместилось в сторону образования гидроксида германия(IV)?

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как классифицируют волокна.
- Чем натуральные волокна отличаются от искусственных.

ВСПОМНИТЕ:

- Что такое целлофан и как его получают?

Сейчас в нашей стране производится порядка 50 тыс. тонн льна в год, а производство хлопка осталось в бывших южных советских республиках — Туркменистане, Узбекистане.

Растительного происхождения

Хлопковое

Льняное и др.

Животного происхождения

Шерстяное

Шёлковое

ВОЛОКНА

«В первые времена от сложения мира принудили человека зной и стужа покрывать своё тело; тогда по первом листвня и кож употреблении домыслился он из волны и из других мягких материй приготавливать себе одежды», — говорил М.В. Ломоносов 6 сентября 1751 г. на собрании Российской Императорской академии наук, понимая под «волной» то, что сегодня мы называем волокнами.

КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЛОКОН Одним из оснований классификации волокон может служить их происхождение.

ВОЛОКНА**ПРИРОДНЫЕ****ХИМИЧЕСКИЕ****Искусственные****Синтетические**

Вискозное

Медно-аммиачное

Ацетатное

Капрон

Энант

Анил

Нитрон

Лавсан и др.

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ВОЛОКНА На Руси издавна одним из основных источников волокон для изготовления тканей служил лён. Также достаточно много завозилось хлопкового волокна — основы хлопчатобумажных тканей. С точки зрения химии и лён, и хлопок — это целлюлоза, макромолекулы которой ориентированы вдоль оси волокна.

ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА Увеличение потребностей населения и техники в волокнах и тканях, из них изготавливаемых, вызвало к жизни необходимость получения волокон химическим путём. Первые попытки получения химических волокон были связаны с копированием того, что создала природа. Прежде всего было обращено внимание на химическое родство льна и древесины, состоящих из целлюлозы. Механическая обработка древесины не позволяет получить волокно, но проблему можно решить двумя путями.

Искусственные волокна — волокна, получаемые переработкой природных полимерных материалов.

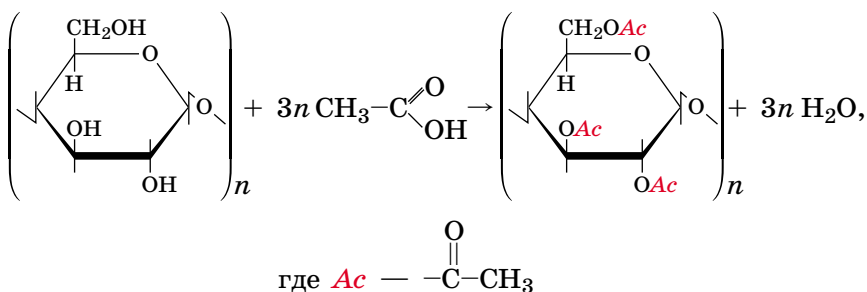
7.16. Природные волокна:
а) лён; б) шёлк

ВИСКОЗНОЕ ВОЛОКНО Первый путь заключается в растворении целлюлозы и дальнейшей её регенерации (восстановлении) с расположением макромолекул полимера вдоль оси волокна. О растворении целлюлозы было рассказано в § 17: целлюлозу обрабатывают гидроксидом натрия и сероуглеродом CS_2 , а затем восстанавливают в растворе кислоты. Чтобы получилось волокно, вязкий раствор вискозы продавливают через фильеры — металлические колпачки со множеством мелких отверстий.



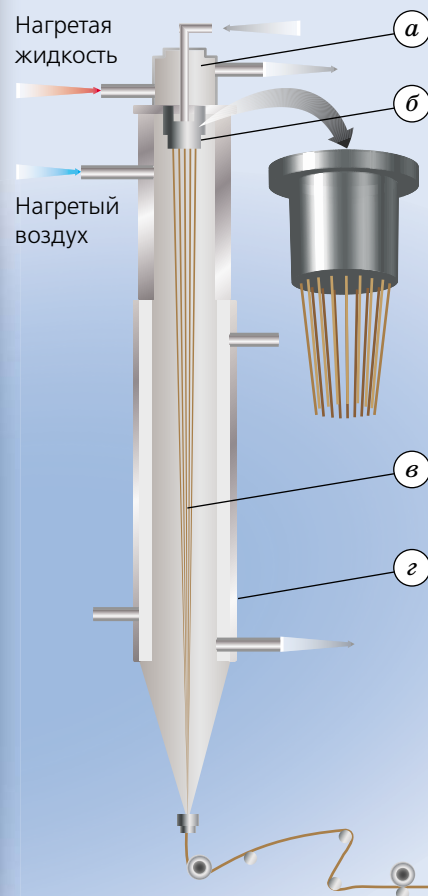
5.3. Химические волокна: а) вискозное волокно; б) ацетатное волокно

АЦЕТАТНОЕ ВОЛОКНО Второй путь основан на свойстве целлюлозы образовывать сложные эфиры, например с уксусной кислотой:

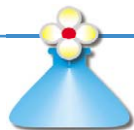


Триацетилцеллюлоза хорошо растворяется в смеси дихлорэтана и этанола с образованием вязкого раствора. Этот раствор продавливают через фильеры в вертикальную шахту, по которой вверх, навстречу струйкам раствора подаётся горячий воздух. Растворитель испаряется, а триацетилцеллюлоза превращается в тонкие нити.

ШТАПЕЛЬНОЕ ВОЛОКНО Вискозное и ацетатное волокна используются для прядения нитей, из которых затем на ткацких фабриках получают ткани. Часть волокон собирается в один жгут, но не прядётся (скручивается), а разрезается на небольшие кусочки — штапельки — длиной 4–15 см. Прядением штапелек получают штапельные нити.



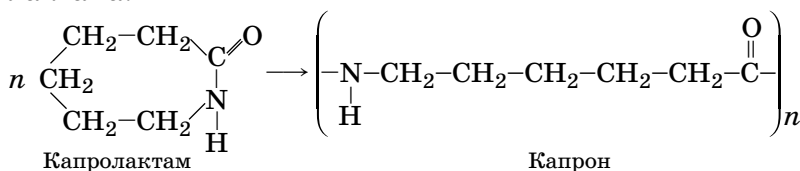
7.17. Схема формования волокна:
а) прядильная головка;
б) фильера;
в) образующиеся волокна;
г) шахта



Из одного и того же волокна вырабатываются разные ткани. В основе бязи, ситца, сатина лежит натуральное волокно — хлопок. Вискоза используется самостоятельно, но чаще в смеси с другими волокнами. Из неё получают ткани: вискозу, стрейч-вискозу, шифон, гипюр, штапель. Из ацетатного волокна получают искусственный шёлк, или просто ацетат.

Штапель — отдельный завиток в руле, состоящий из пучка одинаково завитых волос.

КАПРОН Наряду с искусственными волокнами широко распространены синтетические, получаемые из синтетических полимеров. Первым синтетическим волокном стал капрон. Получают капрон полимеризацией капролактама:

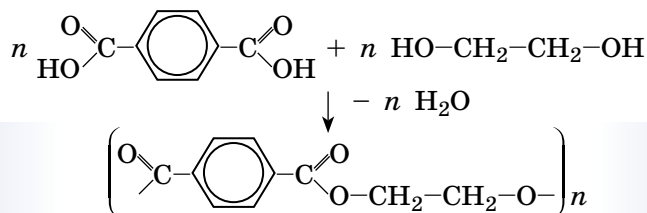


Капрон представляет собой твёрдое белое вещество, при нагревании до 215 °С плавится. Изделия из капрона не впитывают влагу, не гниют в воде, устойчивы к истиранию.



Капрон мало устойчив к действию кислот и щелочей: под их воздействием происходит разрыв амидных связей, и изделие из капрона разрушается.

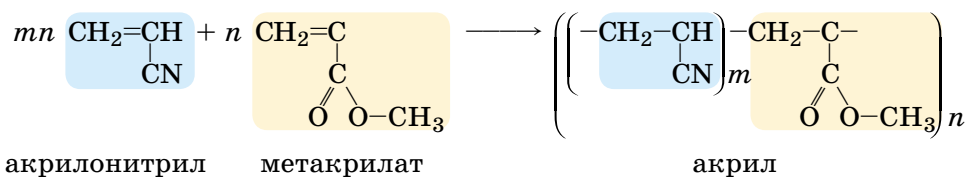
ЛАВСАН Название волокна состоит из начальных букв «лаборатория высокомолекулярных соединений Академии наук». Получают поликонденсацией этиленгликоля и терефталевой кислоты, поэтому химическое название этого волокна — полиэтилентерефталат:



Волокно лавсан характеризуется высокой прочностью, износостойкостью, свето- и термостойкостью. Оно — хороший диэлектрик, устойчиво к действию растворов щелочей и кислот (концентрированные кислоты его разрушают). Используется для изготовления не только волокон, но и плёнок.

Полиэстр — то же самое, что лавсан. Используют и другие торговые названия, например терилен, дакрон, мелинекс и др.

АКРИЛ Он же — нитрон. Получают из акрилонитрила с небольшим количеством метакрилата:



7.18. Синтетическое волокно нейлон



Акрил обладает высокой прочностью и низкой гигроскопичностью. При температуре 120–130 °С акрил практически не изменяет своих свойств. Изделия из нитрона легко очищаются. Внешне он похож на шерсть, и теплопроводность нитрона близка к теплопроводности шерсти.

ЭЛАСТАН Он же — лайкра. Волокно на основе полиуретанов. Обладает высокой эластичностью, от чего и получил своё название. Используется в смеси с другими натуральными или синтетическими волокнами. Облегающая одежда из тканей с лайкрой не сковывает свободу движений.



7.19. Синтетическое волокно акрил (а) и шерсть (б)

СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Волокно	Степень полимеризации	Удлинение до разрыва, % от длины сухого волокна	Применение
Хлопок	3000–5000	7–8	Ткани, трикотаж
Шерсть	—	25–35	Ткани, трикотаж
Шёлк натуральный	500–700	18–22	Ткани
Вискозная текстильная нить, штапельное волокно	300–350	18–30	Ткани, трикотаж
Триацетатное волокно	300–400	20–28	Ткани, трикотаж, часто в смеси с другими волокнами
Капрон	100–200	15–30	Ткани, трикотаж, кордная ткань, рыболовные сети, ленты транспортёров, искусственные меха
Лавсан	80–120	15–25	Ткани, часто в смеси с шерстью, ленты транспортёров
Нитрон	1000–2000	15–20	Ткани, трикотаж в смеси с шерстью



Синтетические волокна нашли широкое применение в быту — это огромный ассортимент чулочно-носочных изделий, трикотажа, тканей для верхней одежды. Благодаря большой прочности их используют также в производстве канатов, тросов, шнуров, рыболовных сетей, шинного корда и множества других полезных вещей. Плёнки из синтетических волокон применяются как электроизоляция для проводов различного назначения. Нашли применение синтетические волокна и в медицине (для хирургических швов, для искусственных кровеносных сосудов).

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

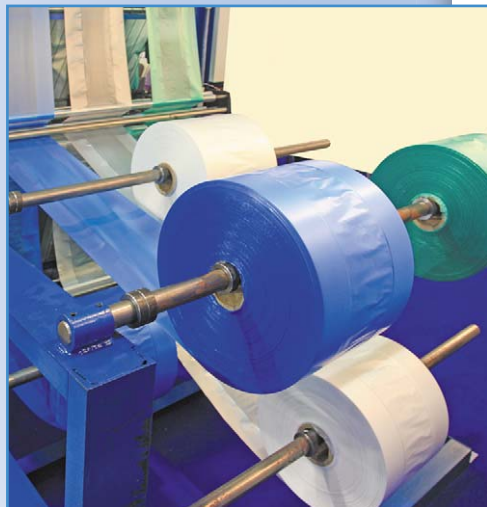
- Какие полимеры используют для получения волокон?
- Каковы свойства синтетических волокон?
- Охарактеризуйте области применения натуральных и химических волокон.

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Чем полимеры отличаются от пластмасс.
- Свойства наиболее распространённых полимеров и области применения пластмасс на их основе.

ВСПОМНИТЕ:

- Какие вещества называются полимерами?
- С какими пластмассами вы встречаетесь в быту?



ПЛАСТМАССЫ

На протяжении веков человечество использовало материалы, которые давала природа: металлы, дерево, камень. Развитие органической химии привнесло в нашу жизнь новые материалы, которые мы называем пластмассами.

ПОЛИМЕРЫ И ПЛАСТМАССЫ В повседневной жизни мы часто отождествляем понятия «полимер» и «пластмасса», хотя между ними есть существенное различие.



Пластмассы — материалы, получаемые из полимеров, часто с добавлением других веществ — наполнителей.

Полимеры, из которых изготавливают пластмассы, различаются по своему отношению к нагреванию.



Полимеры и пластмассы, которые легко изменяют свою форму в нагретом состоянии, называют **термопластичными** или **термопластами**.

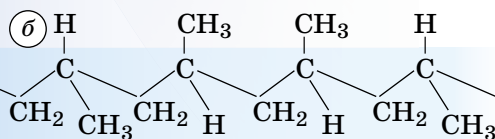
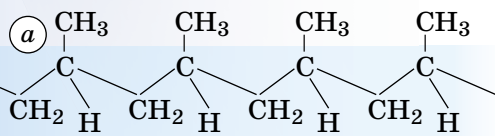
ПОЛИЭТИЛЕН Простейший представитель термопластов — *полиэтилен*. Его получают в промышленности двумя методами.

Полиэтилен высокого давления (ПВД) получают при давлении около 150 МПа и без использования катализаторов. Его применяют для изготовления плёнки для обёртки, контейнеров и пластиковых пакетов, выдерживающих нагрузку до 5 кг.

Полиэтилен низкого давления (ПНД) получают при температуре около 150 °С и давлении около 1 МПа с использованием катализаторов. ПНД жёстче и прочнее ПВД, но менее прозрачен. Его используют для изготовления канистр, ёмкостей для растворителей, контейнеров для мусора. Пакеты, изготовленные из этого вида полиэтилена, выдерживают нагрузку до 20 кг.

ПОЛИПРОПИЛЕН Аналогично полиэтилену получают полипропилен полимеризацией пропена. В зависимости от условий проведения химической реакции можно получить разные виды полипропилена: *изотактический* и *атактический*. В одном случае метильные группы располагаются по одну сторону от плоскости, в которой находится главная углеродная цепь, в другом — группы $-CH_3$ и атомы водорода располагаются хаотично.

ПОЛИСТИРОЛ Полимеризация винилбензола приводит к образованию полистирола — бесцветного прозрачного материала, внешне чем-то напоминающего стекло. Особенную ценность имеет ударопрочный полистирол, из него изготавливают корпуса медтехники, оргтехники и холодильников, упаковку для косметики и многое другое.



7.20. Полипропилен:
а) изотактический;
б) атактический

**МОИ ХИМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ**

● Рассмотрите выданные вам образцы пластмасс и опишите их.

Использование изделий из ПВХ требует особой осторожности, так как при горении поливинилхлорида выделяются очень опасные для жизни человека хлорорганические соединения.



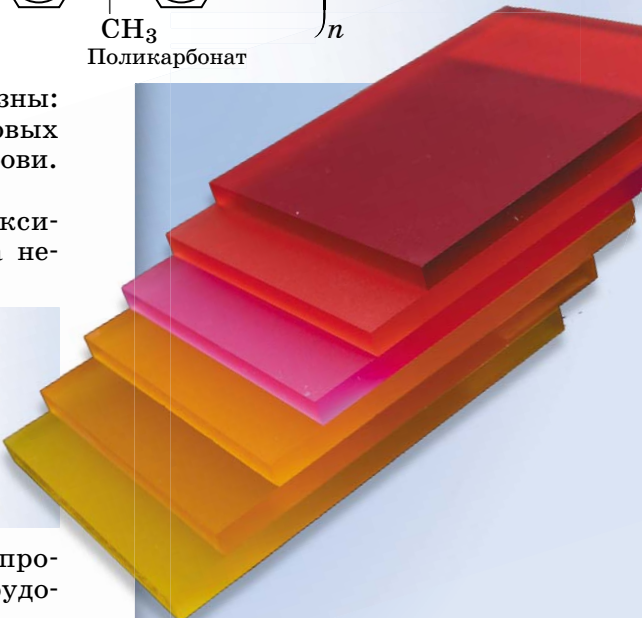
В производстве поликарбонатов используют не саму угольную кислоту, а её производное — хлорангидрид COCl_2 .

CH_3
 Поликарбонат

зны:
 овых
 ови.

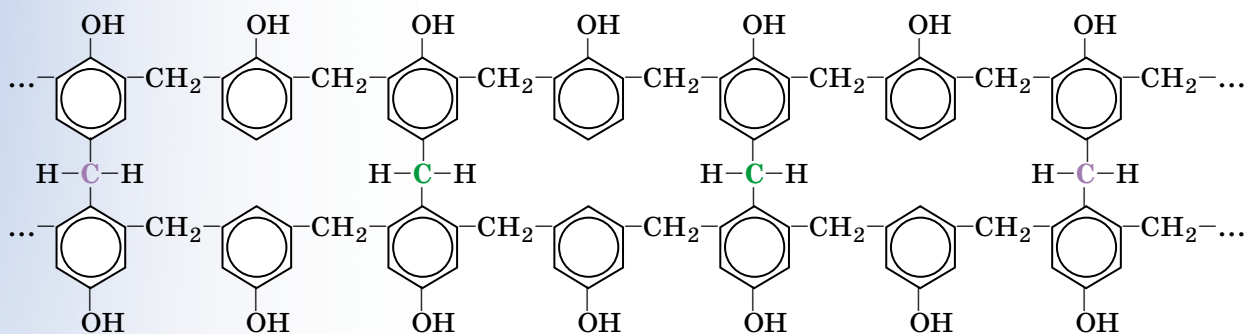
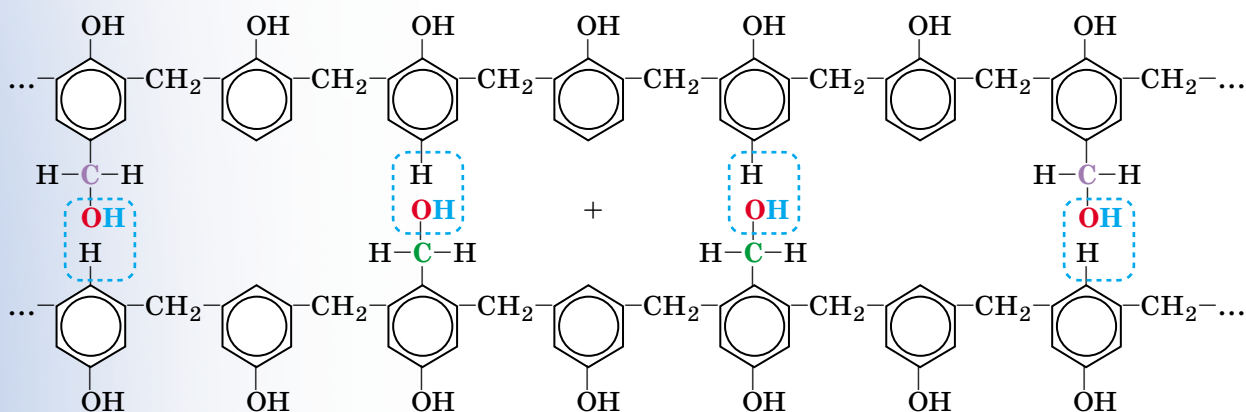
екси-
 а не-

про-
 рудо-



РЕАКТОПЛАСТЫ Вы знаете, что взаимодействие фенола с формальдегидом идёт в основном за счёт атомов водорода, соединённых со вторым и шестым атомами углерода в бензольном кольце, что приводит к образованию новолачной смолы. При избытке формальдегида получается резольная смола, в образовании которой принимают участие атомы водорода при четвёртом атоме углерода.

При нагревании резольной смолы происходит дальнейшая поликонденсация, и отдельные цепные молекулы полимера соединяются друг с другом:



Нагревание уже застывшей пластмассы приведёт не к её размягчению, а к разложению, при этом будут выделяться высокотоксичные вещества, например фенол, формальдегид.



Пластмассы, которые при нагревании не размягчаются, а разлагаются, называют **реактопластами** или **термореактивными пластмассами**.

ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ ПЛАСТМАССЫ Фенолоформальдегидные смолы, образующиеся в результате взаимодействия фенола с формальдегидом, используются для производства пластмасс, которые отличаются от термопластов отношением к нагреванию. Из феноло-



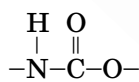
формальдегидных смол получают разнообразные пластмассы, добавляя к ним различные наполнители.

Текстолит — пропитанная смолой хлопчатобумажная ткань. Высушенная ткань разрезается на листы, которые складываются стопкой и подвергаются горячему прессованию. В результате получается пластмасса с очень низким коэффициентом трения. Используется в производстве подшипников.

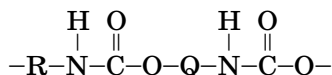
Фаолит — пластмасса на основе асбеста, обладающая большим коэффициентом трения. Используется в производстве тормозных колодок.

Стекловолокнит — аналог текстолита, в котором хлопчатобумажная ткань заменена стекловолокном.

ПОЛИУРЕТАНЫ К полиуретанам относят полимеры, в молекулах которых есть так называемая уретановая группа:



Свойства полиуретанов зависят от того, какие углеводородные радикалы соединены уретановыми группами. Обозначив буквами R и Q углеводородные радикалы, формулу полиуретанов в общем виде можно записать так:



Из полиуретанов изготавливают автомобильные шины, подошвы для обуви. Большая часть выпускаемых полиуретанов в момент отверждения и формирования изделия подвергается вспениванию. В результате получаются изделия из поролона.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ И ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Положительные свойства	Отрицательные свойства
Термопластичные полимеры	
Хорошо перерабатываются. Устойчивы к образованию трещин. Не требуют применения растворителей при изготовлении изделий	Имеют низкую прочность и термостойкость. Имеют большую вязкость расплавов
Термореактивные полимеры	
Обладают высокой прочностью, термостойкостью, химической стойкостью, долговечностью. Имеют небольшую вязкость расплавов или растворов	Хрупкие. Плохо перерабатываются. Требуют применения растворителей при изготовлении изделий



Изделия из реактопластов требуют осторожного обращения, поскольку при сильном нагревании они не размягчаются, а разлагаются с выделением ядовитых веществ.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрите выданные вам образцы реактопластов и опишите их.



Пенопласты — это пластмассы на основе термопластичных и термореактивных полимеров. Наиболее распространённым видом пенопласта является пенополистирол. Пенополистирольные плиты широко применяются при теплоизоляции стен, фасадов, крыш различных зданий. Упаковка из пенопласта широко используется во всех областях деятельности для надёжной защиты товаров при транспортировке и хранении.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Чем реактопласты отличаются от термопластов?
- Какие наполнители часто используются для производства пластмасс?
- Почему изделия из пластмасс требуют осторожного обращения?

ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

- Важнейшими методами научного исследования в химии являются наблюдение, измерение, эксперимент, опытная работа, мониторинг, моделирование. Познание свойств веществ невозможно без логических операций анализа и синтеза, сравнения, абстрагирования, обобщения.
- Успехи химической науки дают возможность бороться с самыми разнообразными заболеваниями, для лечения которых раньше не было лекарственных препаратов.
- Продукты химической промышленности широко применяются в быту: для чистки и обезвреживания различных поверхностей, для стирки белья, для борьбы с вредными насекомыми...
- Все средства бытовой химии потенциально опасны!
- Велика роль химии в решении одной из глобальных проблем человечества — продовольственной проблемы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

● В Георгиевском зале Большого Кремлёвского дворца колонны сделаны из металла, который обладает следующими свойствами:

а) он легко растворяется в кислотах и щелочах с выделением водорода;

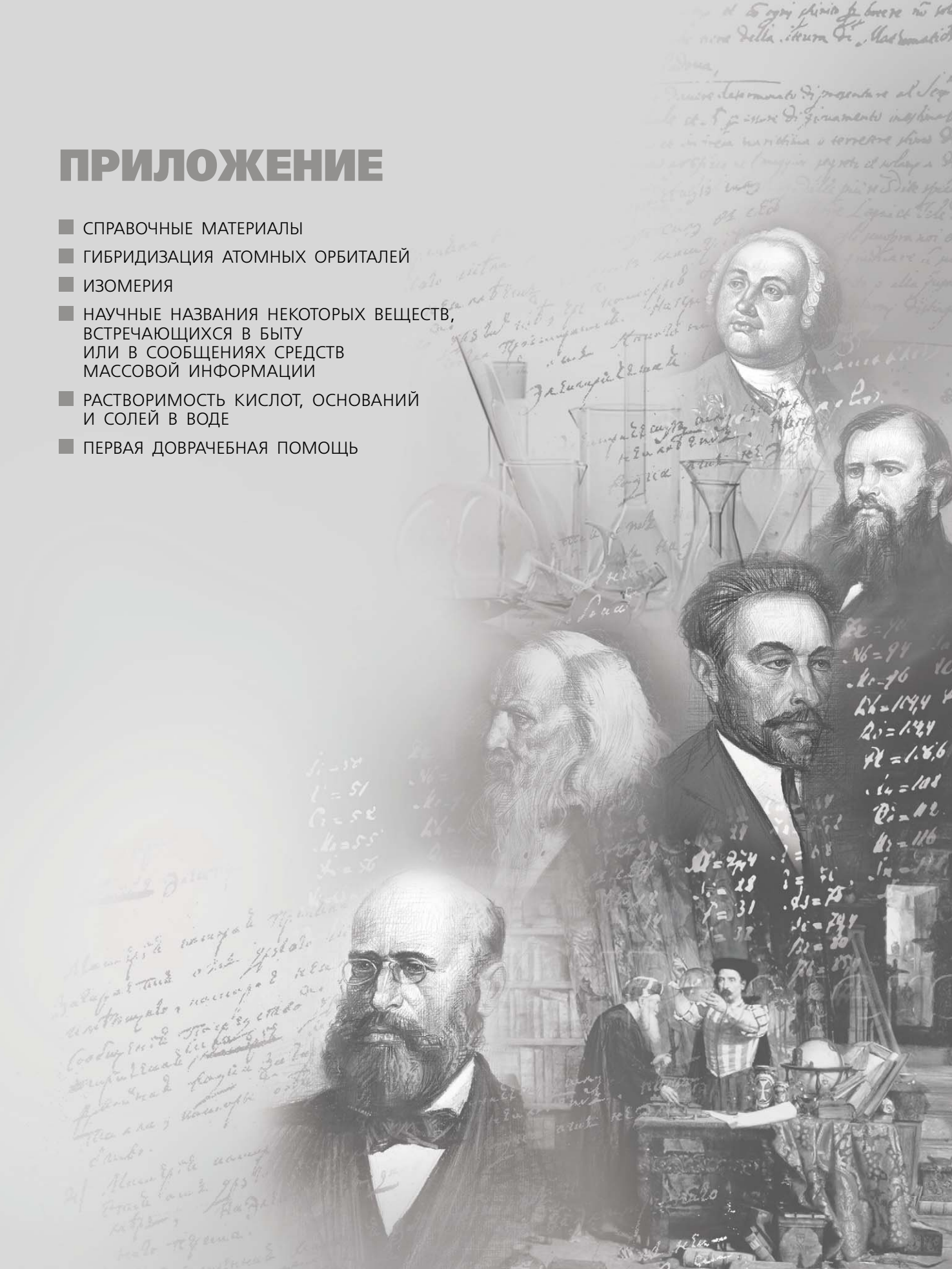
б) если 6,5 г этого металла нагреть до температуры 1189 К, его пары займут объём 2,24 л (в пересчёте на нормальные условия).

Назовите металл, из которого отлиты колонны. Объясните ход ваших рассуждений. Найдите в Интернете информацию о том, как этот металл получают в промышленности.

● Выделение органической химии в самостоятельную область научного знания о веществе связано с именем Й.Я. Берцелиуса. Самое существенное различие между неорганическими и органическими веществами он видел в том, что первые могут быть получены в лабораториях синтетическим путём, в то время как вторые могут быть получены лишь в живых организмах под действием некоей «жизненной силы» — химического синонима души. Подтвердите или опровергните утверждения виталистов о невозможности синтеза органических веществ.

ПРИЛОЖЕНИЕ

- СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- ГИБРИДИЗАЦИЯ АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ
- ИЗОМЕРИЯ
- НАУЧНЫЕ НАЗВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ, ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ В БЫТУ ИЛИ В СООБЩЕНИЯХ СРЕДСТВ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
- РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВАНИЙ И СОЛЕЙ В ВОДЕ
- ПЕРВАЯ ДОВРАЧЕБНАЯ ПОМОЩЬ



СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

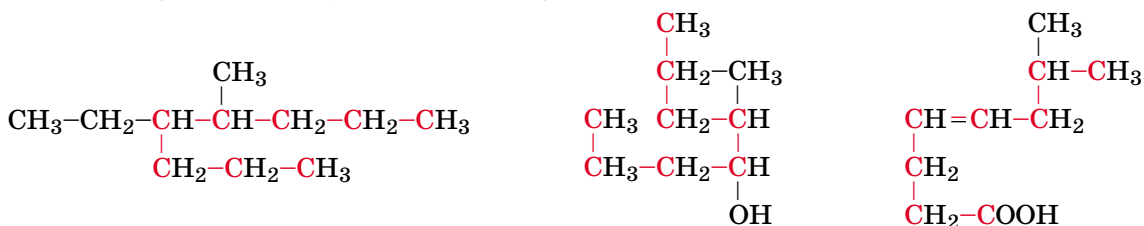
ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА НОМЕНКЛАТУРЫ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

В основе номенклатуры IUPAC лежат четыре принципа, впервые сформулированные на Международном конгрессе химиков в Женеве в 1892 г.:

- 1) в названиях всех производных семейства должно быть название общего радикала, указывающего на происхождение семейства;
- 2) номенклатура основана на принципе замещения;
- 3) наличие заместителей отражается в названии с помощью суффиксов и приставок;
- 4) названия образуются по химической формуле путём указания в установленном порядке местоположения каждого заместителя.

Под общим радикалом, указывающим на происхождение семейства, сегодня понимают самую длинную цепь углеродных атомов.

Например, предельный углеводород, одноатомный спирт и одноосновная непредельная кислота имеют одинаковое число атомов углерода в самой длинной цепи (выделена красным цветом):



Число атомов углерода обозначают следующими корнями:

Число атомов углерода	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Корень названия	мет	эт	проп	бут	пент	гекс	гепт	окт	нон

Наличие кратных связей обозначается суффиксами *-ен* для двойной связи и *-ин* для тройной.

Боковые углеводородные цепи обозначаются с помощью суффикса *-ил*.

Функциональные группы обозначаются или приставками, или суффиксами:

Если в молекуле только одна функциональная группа, используют, как правило, суффикс. При наличии нескольких разных функциональных групп суффиксом обозначается только так называемая старшая группа, а младшие обозначаются приставками. В таблице функциональные группы приведены в порядке возрастания их старшинства.

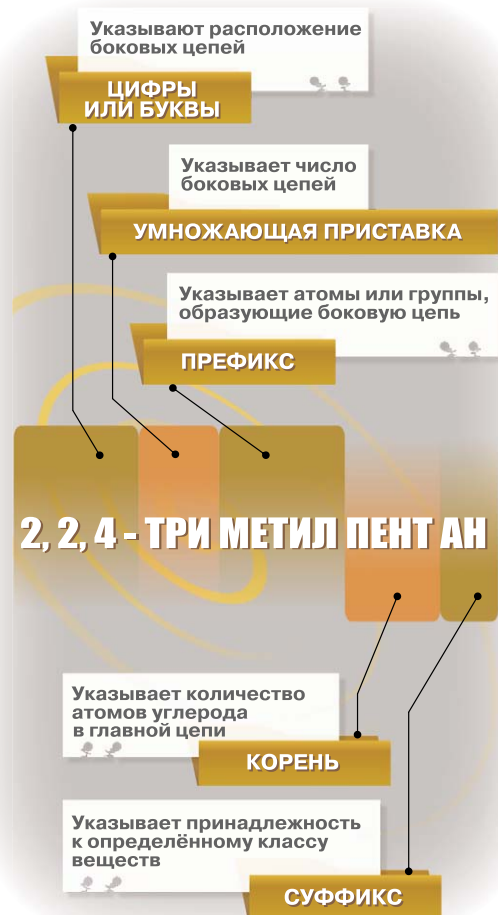
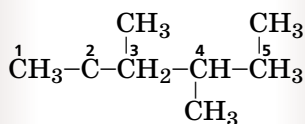
Функциональная группа	Приставка	Суффикс
-ОН	гидрокси-	-ол
-СОН	альдо-	-аль
-C(O)-	кето-	-он
-NH ₂	амино-	-амин
-NO ₂	нитро-	-
-COOH	-	-овая кислота

Положение заместителей: углеводородных радикалов, функциональных групп — в главной цепи обозначается цифрами. При этом действуют следующие правила:

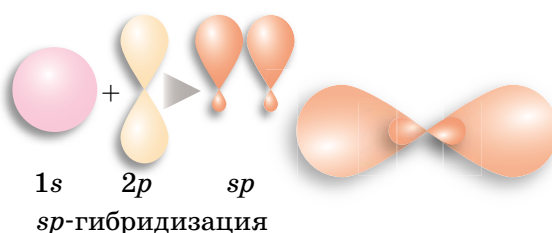
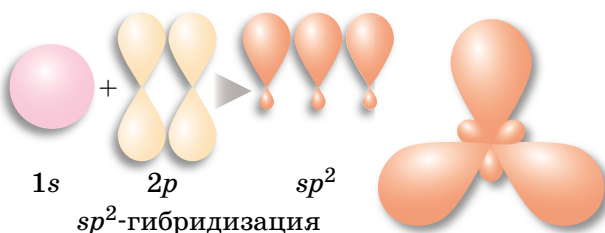
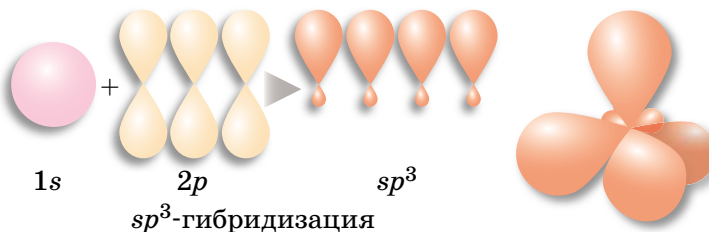
а) нумерация атомов начинается с того конца цепи, ближе к которому находится заместитель;

б) из двух вариантов нумерации выбирается тот, при котором сумма цифр в названии будет наименьшей.

Все заместители перечисляются в алфавитном порядке. Перед названием каждого заместителя цифрой указывается его положение в главной цепи. Наличие одинаковых заместителей обозначается умножающими приставками: *ди-*, *три-*, *тетра-*, *пента-* и т.д. При этом число цифр (локантов) должно быть равно числу заместителей. Наличие умножающей приставки не влияет на порядок перечисления заместителей.



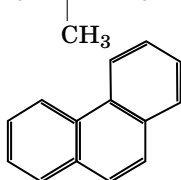
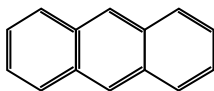
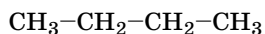
ГИБРИДИЗАЦИЯ АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ



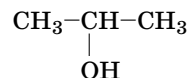
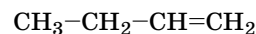
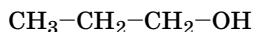
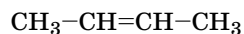
ИЗОМЕРИЯ

СТРУКТУРНАЯ ИЗОМЕРИЯ

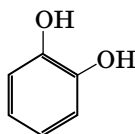
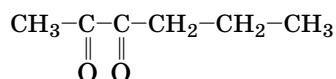
Изомерия углеродного скелета



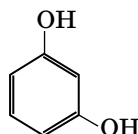
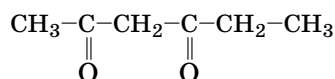
Изомерия положения



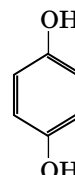
Изомерия взаимного положения



Пирокатехин



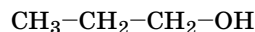
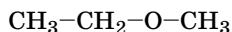
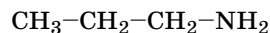
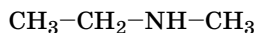
Резорцин



Гидрохинон

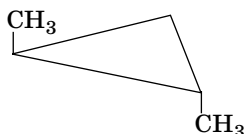
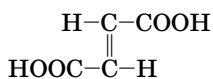
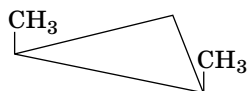
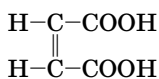
Метамерия

(изомерия распределения атомов углерода между углеводородными радикалами)

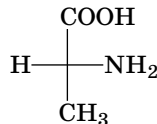


ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗОМЕРИЯ

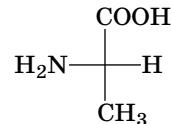
Геометрическая изомерия



Оптическая изомерия

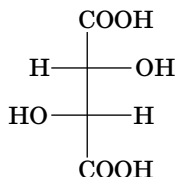
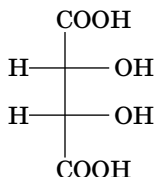


D(+)-аланин

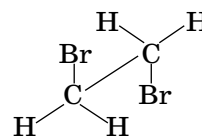
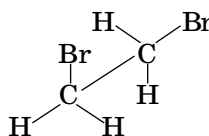


L(-)-аланин

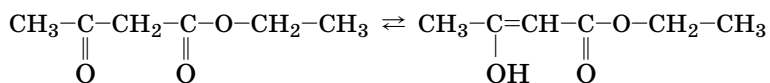
Диастереомерия



Поворотная изомерия (конформация)



ДИНАМИЧЕСКАЯ ИЗОМЕРИЯ



НАУЧНЫЕ НАЗВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ, ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ В БЫТУ ИЛИ В СООБЩЕНИЯХ СРЕДСТВ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

ТРИВИАЛЬНОЕ НАЗВАНИЕ	СОВРЕМЕННОЕ НАУЧНОЕ НАЗВАНИЕ
Алебастр	Сульфат кальция
Аммиак	Нитрид водорода
Аммиачная селитра	Нитрат аммония
Бишофит	Хлорид магния
Веселящий газ	Оксид азота(І)
Винный спирт	Этанол
Гашёная известь	Гидроксид кальция (тв.)
Глинозём	Оксид алюминия
Глицерин	Пропантриол-1,2,3
Глицин	Аминоэтановая кислота
Двойной суперфосфат	Дигидрофосфат кальция
Доломит	Карбонаты кальция и магния
Древесный спирт	Метанол
Едкий натр	Гидроксид натрия
Едкое кали	Гидроксид калия
Известняк	Карбонат кальция
Кальцинированная сода	Карбонат натрия
Каменная соль	Хлорид натрия
Кварц	Оксид кремния

ТРИВИАЛЬНОЕ НАЗВАНИЕ	СОВРЕМЕННОЕ НАУЧНОЕ НАЗВАНИЕ
Ксилит	Пентанпентадиол-1,2,3,4,5
Малахит	Гидроксокарбонат меди(II)
Марганцовка	Перманганат калия
Медицинский спирт	Этанол
Мел	Карбонат кальция
Метиловый спирт	Метанол
Мрамор	Карбонат кальция
Нашатырный спирт	Аммиак (р-р)
Нашатырь	Хлорид аммония
Негашёная известь	Оксид кальция
Перекись водорода	Пероксид водорода
Питьевая сода	Гидрокарбонат натрия
Плавиковый шпат	Фторид кальция
Поваренная соль	Хлорид натрия
Поташ	Карбонат калия
Сахар	α -D-глюкопиранозил- β -D-фруктофуранозид
Сода бикарбонат	Гидрокарбонат натрия
Стиральная сода	Карбонат натрия
Тринитротолуол	1-гидрокси-2,4,6-тринитробензол
Тротил	1-гидрокси-2,4,6-тринитробензол
Угарный газ	Оксид углерода(II)
Углекислый газ	Оксид углерода(IV)
Уксус	Этановая кислота
Фенол	Гидроксибензол
Хлорная известь	Хлорид и гипохлорит кальция
Царская водка	Смесь азотной и соляной кислот
Этиленгликоль	Этандиол-1,2
Этиловый спирт	Этанол

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВАНИЙ И СОЛЕЙ В ВОДЕ

Катион \ Анион	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Be ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Al ³⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Ag ⁺	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Hg ²⁺	Cr ²⁺	Cr ³⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺
OH ⁻		—	Р	Р	Н	М	Р	Р	Н	Н	Н	Н	—	Н	Н	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
F ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р	Н	Н	Р	Р	Р	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Н	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	—	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
S ²⁻	Р	—	Р	Р	—	—	Н	Р	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	—	Н	Н	—	Н	Н
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	—	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	—	—	Н	Н	Н	М	Н	Н	—	—	Н	Н	—	Н	Н
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	Н	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
PO ₄ ³⁻	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	—	—	Н	Н	—	—	Н	—	Н	Н	Н	—	—	—	Н	Н	—	Н	Н
SiO ₃ ²⁻	Н	—	Р	Р	—	—	Н	Н	—	—	Н	—	Н	Н	Н	—	Н	—	Н	Н	—	Н	Н
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р	Р	Р	Р

Р

— растворимые

М

— малорастворимые

Н

— нерастворимые

—

— разлагаются водой
или не существуют

ПЕРВАЯ ДОВРАЧЕБНАЯ ПОМОЩЬ

Вещество и признаки отравления	Первая доврачебная помощь
Амины: посинение кончиков пальцев, носа, губ, одышка, учащённое сердцебиение, потеря сознания	Немедленно вызвать врача! Обеспечить покой и свежий воздух. При попадании аминов на кожу быстро и аккуратно, не увеличивая площадь поражения, очистить поражённый участок ватой, смоченной в воде
Аммиак (отравление через рот): жжение и боль во рту, горле, желудке	Немедленно вызвать врача! Давать кислые соки или 0,5 %-ный раствор лимонной кислоты
Аммиак: слезотечение, кашель, покраснение и зуд кожи	Немедленно вызвать врача! Промыть поражённое место большим количеством воды. Вывести пострадавшего на свежий воздух
Ацетон (отравление парами): головокружение, слабость, шаткая походка, галлюцинации	Немедленно вызвать врача! Вывести пострадавшего на улицу
Ацетон (отравление через рот): тошнота, боли в животе, резкий запах ацетона изо рта	Немедленно вызвать врача! Промыть желудок, дать выпить активированный уголь. Если пострадавший потерял сознание, перед промыванием желудка, надо привести его в сознание с помощью ватки, смоченной нашатырным спиртом
Метан: головокружение, слабость, слезотечение, резь в глазах, сонливость, боль в сердце	Немедленно вызвать врача! Вывести пострадавшего на свежий воздух
Метанол: тошнота, рвота, судороги, ослабление зрения (вплоть до слепоты), сердцебиение	Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» промыть пострадавшему желудок 1–1,5 литрами воды, в которой растворена 1 чайная ложка гидрокарбоната натрия (питьевой соды), и дать активированный уголь
Ожог	При ожоге I степени обработать поражённое место этиловым спиртом (водкой) и наложить сухую стерильную повязку. Во всех остальных случаях наложить сухую стерильную повязку и обратиться к врачу. КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ пользоваться жирами, в том числе и растительными маслами, применять красящие вещества (растворы перманганата калия, бриллиантовой зелени, йодной настойки)
Серная кислота (попадание на кожу): сильное жжение, покраснение и затем обугливание кожи	Немедленно вызвать врача! Снять капли кислоты с помощью ваты. Промывать не менее 15 минут поражённое место большим количеством холодной воды, затем 5%-ным раствором питьевой соды или мыльным раствором

Продолжение

Вещество и признаки отравления	Первая доврачебная помощь
Угарный газ: головная боль, головокружение, шум в ушах, одышка, сердцебиение, мерцание перед глазами, покраснение лица, общая слабость, тошнота, судороги, потеря сознания, кома	Немедленно вызвать врача! Вывести пострадавшего на свежий воздух, при необходимости делать искусственное дыхание
Уксус (отравление через рот): невыносимая боль во рту, горле, желудке	Немедленно вызвать врача! Прополоскать рот без заглатывания воды. Дать выпить альмагель, затем — смесь яичных желтков с молоком. КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ использование соды
Уксус (попадание на кожу): зуд, покраснение кожи, жжение	Снять капли кислоты с помощью ваты. Промыть поражённое место большим количеством холодной воды, затем 5%-ным раствором пищевой соды или мыльным раствором. Обратиться к врачу
Фенол (отравление парами): слабость, головная боль, головокружение, раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей	Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» вывести пострадавшего на свежий воздух
Фенол (отравление через рот): резкая боль в горле и желудке, головокружение, слабость, рвота, расстройство дыхания, ослабление сердечной деятельности, судороги	Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» промыть пострадавшему желудок: первое промывание — 4–5 стаканов тёплой воды; второе — 4–5 стаканов розового раствора перманганата калия. КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ использование масла, жиров, молока и спиртосодержащих продуктов
Фенол (попадание на кожу): побеление кожи, покалывание и онемение повреждённого участка, образование пузырей	Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» тщательно протереть поражённое место водкой, растительным маслом
Этанол: тошнота, слабость, нарушение дыхания, потеря сознания	Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» промыть пострадавшему желудок 1–1,5 литрами воды, в которой растворена 1 чайная ложка гидрокарбоната натрия (питьевой соды), и дать активированный уголь
Этиленгликоль: тошнота, боль в животе, судороги	Немедленно вызвать врача! До прибытия «скорой помощи» промыть пострадавшему желудок взвесью в воде активированного угля

Учебное издание

Серия «Сферы»

Журин Алексей Анатольевич

ХИМИЯ

10–11 классы

Базовый уровень

Учебник

Центр химии и экологии

Ответственный за выпуск *Т. Ю. Фролова*

Художественный редактор *А. П. Асеев*

Художники *А. В. Юдин, А. П. Асеев, С. В. Ермолин, С. Г. Куркина*

Фотографии фотобанка «Диомедия», фотобанка «East news»,

фотобанка «Picvario», фотобанка «Лори», *А. К. Ахлебинина*

Компьютерная вёрстка *А. П. Асеева*

Дизайн обложки *О. В. Поповича, В. А. Прокудина*

Технический редактор *С. Н. Терехова*

Корректор *И. Н. Панкова*

Подписано в печать 21.02.2022. Формат 84×108 /16. Гарнитура SchoolBookCSanPin, FreeSetC.
Уч.-изд. л. 17,13. Усл. печ. л. 18,48. Тираж экз. Заказ № .

Акционерное общество «Издательство «Просвещение».

Российская Федерация, 127473, г. Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 3, этаж 4,
помещение I.

Адрес электронной почты «Горячей линии» — vopros@prosv.ru.

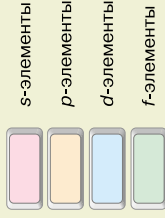
ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ

Периоды	A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	A VIII B	B
1	H ¹ Водород 1,00794						(H)	He ² Гелий 4,002602	s-элементы
2	Li ³ Литий 6,941	Be ⁴ Бериллий 9,01218	B ⁵ Бор 10,811	C ⁶ Углерод 12,011	N ⁷ Азот 14,0067	O ⁸ Кислород 15,9994	F ⁹ Фтор 18,998403	Ne ¹⁰ Неон 20,179	p-элементы
3	Na ¹¹ Натрий 22,98977	Mg ¹² Магний 24,305	Al ¹³ Алюминий 26,98154	Si ¹⁴ Кремний 28,0855	P ¹⁵ Фосфор 30,97376	S ¹⁶ Сера 32,066	Cl ¹⁷ Хлор 35,453	Ar ¹⁸ Аргон 39,948	d-элементы
4	K ¹⁹ Калий 39,0983	Ca ²⁰ Кальций 40,078	Sc ²¹ Скандий 44,9559	Ti ²² Титан 47,88	V ²³ Ванадий 50,9415	Cr ²⁴ Хром 51,9961	Mn ²⁵ Марганец 54,9380	Fe ²⁶ Железо 55,847	f-элементы
5	Cu ²⁹ Медь 63,546	Zn ³⁰ Цинк 65,39	Ga ³¹ Галлий 69,723	Ge ³² Германий 72,59	As ³³ Мышьяк 74,9216	Se ³⁴ Селен 78,96	Br ³⁵ Бром 79,904	Kr ³⁶ Криптон 83,80	
6	Rb ³⁷ Рубидий 85,4678	Sr ³⁸ Стронций 87,62	Y ³⁹ Иттрий 88,9059	Zr ⁴⁰ Цирконий 91,22	Nb ⁴¹ Ниобий 92,9064	Mo ⁴² Молибден 95,94	Tc ⁴³ Технеций [98]	Ru ⁴⁴ Рутений 101,07	
7	Ag ⁴⁷ Серебро 107,8682	Cd ⁴⁸ Кадмий 112,41	In ⁴⁹ Индий 114,82	Sn ⁵⁰ Олово 118,710	Sb ⁵¹ Сурьма 121,75	Te ⁵² Теллур 127,60	I ⁵³ Иод 126,9045	Xe ⁵⁴ Ксенон 131,29	
8	Cs ⁵⁵ Цезий 132,9054	Ba ⁵⁶ Барий 137,33	La-Lu ⁵⁷⁻⁷¹	Hf ⁷² Гафний 178,49	Ta ⁷³ Тантал 180,9479	W ⁷⁴ Вольфрам 183,85	Re ⁷⁵ Рений 186,207	Os ⁷⁶ Осий 190,2	
9	Au ⁷⁹ Золото 196,9665	Hg ⁸⁰ Ртуть 200,59	Tl ⁸¹ Таллий 204,383	Pb ⁸² Свинец 207,2	Bi ⁸³ Висмут 208,9804	Po ⁸⁴ Полоний [209]	At ⁸⁵ Астат [210]	Rn ⁸⁶ Радон [222]	
10	Fr ⁸⁷ Франций [223]	Ra ⁸⁸ Радий [226]	Ac-Lr ⁸⁹⁻¹⁰³	Rf ¹⁰⁴ Резерфордий [261]	Db ¹⁰⁵ Дубний [262]	Sg ¹⁰⁶ Сиборгий [266]	Bh ¹⁰⁷ Борий [267]	Hs ¹⁰⁸ Хассий [269]	
7	Rg ¹¹¹ Рентгений [281]	Cn ¹¹² Коперниций [285]	Nh ¹¹³ Нихоний [286]	Fl ¹¹⁴ Флеровий [289]	Mc ¹¹⁵ Московский [288]	Lv ¹¹⁶ Ливерморий [293]	Ts ¹¹⁷ Теннессиан [294]	Og ¹¹⁸ Оганесон [294]	
Высшие оксиды	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄	
Летучие водородные соединения				RH ₄	RH ₃	RH ₂	RH		
* лантаноиды	La ⁵⁷ Лантан 138,9055	Ce ⁵⁸ Церий 140,12	Pr ⁵⁹ Празеодим 140,9077	Pm ⁶¹ Прометий [145]	Sm ⁶² Самарий 150,36	Gd ⁶⁴ Гадолиний 157,25	Dy ⁶⁶ Диспрозий 162,50	Ho ⁶⁷ Гольмий 164,9304	Lu ⁷¹ Лютеций 174,967
** актиноиды	Ac ⁸⁹ Актиний [227]	Th ⁹⁰ Торий 232,0381	Pa ⁹¹ Протактиний [231]	Np ⁹³ Нептуний [237]	Pu ⁹⁴ Плутоний [244]	Cm ⁹⁶ Кюрий [247]	Cf ⁹⁸ Калифорний [251]	Es ⁹⁹ Эйнштейний [252]	Lr ¹⁰³ Лоуренсий [260]

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды



1 I A Li Литий	2 II A Be Бериллий	3 Li Литий	4 Be Бериллий	5 Na Натрий	6 Mg Магний	7 Al Алюминий	8 Si Кремний	9 P Фосфор	10 S Сера	11 Cl Хлор	12 Ar Аргон	13 III A B Бор	14 IV A C Углерод	15 V A N Азот	16 VI A O Кислород	17 VII A F Фтор	18 VIII A He Гелий
19 K Калий	20 Ca Кальций	21 Sc Скандий	22 Ti Титан	23 V Ванадий	24 Cr Хром	25 Mn Марганец	26 Fe Железо	27 Co Кобальт	28 Ni Никель	29 Cu Медь	30 Zn Цинк	31 Ga Галлий	32 Ge Германий	33 As Мышьяк	34 Se Селен	35 Br Бром	36 Kr Криптон
37 Rb Рубидий	38 Sr Стронций	39 Y Иттрий	40 Zr Цирконий	41 Nb Ниобий	42 Mo Молибден	43 Tc Технеций	44 Ru Рутений	45 Rh Родий	46 Pd Палладий	47 Ag Серебро	48 Cd Кадмий	49 In Индий	50 Sn Олово	51 Sb Сурьма	52 Te Теллур	53 I Иод	54 Xe Ксенон
55 Cs Цезий	56 Ba Барий	57 * La Лантан	72 Hf Гафний	73 Ta Тантал	74 W Вольфрам	75 Re Рений	76 Os Осмий	77 Ir Иридий	78 Pt Платина	79 Au Золото	80 Hg Ртуть	81 Tl Таллий	82 Pb Свинец	83 Bi Висмут	84 Po Полоний	85 At Астат	86 Rn Радон
87 Fr Франций	88 Ra Радий	89 ** Ac Актиний	104 Rf Резерфордий	105 Db Дубний	106 Sg Сибборгий	107 Bh Борий	108 Hs Хассий	109 Mt Мейтнерий	110 Ds Дармштадтий	111 Rg Рентгений	112 Cn Коперниций	113 Nh Нихоний	114 Fl Флёровий	115 Mc Московский	116 Lv Ливерморий	117 Ts Теннессин	118 Og Оганесон
* лантаноиды																	
** актиноиды																	
58 Ce Церий	59 Pr Празеодим	60 Nd Неодим	61 Pm Прометий	62 Sm Самарий	63 Eu Европий	64 Gd Гадолиний	65 Tb Тербий	66 Dy Диспрозий	67 Ho Гольмий	68 Er Эрбий	69 Tm Тулий	70 Yb Иттербий	71 Lu Лютеций	90 Th Торий	91 Pa Протактиний	92 U Уран	93 Np Нептуний
94 Pu Плутоний	95 Am Америций	96 Cm Кюрий	97 Bk Берклий	98 Cf Калифорний	99 Es Эйнштейний	100 Fm Фермий	101 Md Менделевий	102 No Нобелий	103 Lr Лоуренсий	104 Rf Резерфордий	105 Db Дубний	106 Sg Сибборгий	107 Bh Борий	108 Hs Хассий	109 Mt Мейтнерий	110 Ds Дармштадтий	111 Rg Рентгений
112 Cn Коперниций	113 Nh Нихоний	114 Fl Флёровий	115 Mc Московский	116 Lv Ливерморий	117 Ts Теннессин	118 Og Оганесон	119 Uut Унунтрий	120 Uub Унунбий	121 Uuh Унунхений	122 Uuq Унунквартий	123 Uup Унунпентий	124 Uuq Унуншестий	125 Uuh Унунседьмой	126 Uub Унунвосьмой	127 Uut Унундевятый	128 Uuq Унундесятый	129 Uuh Унунодиннадцатый